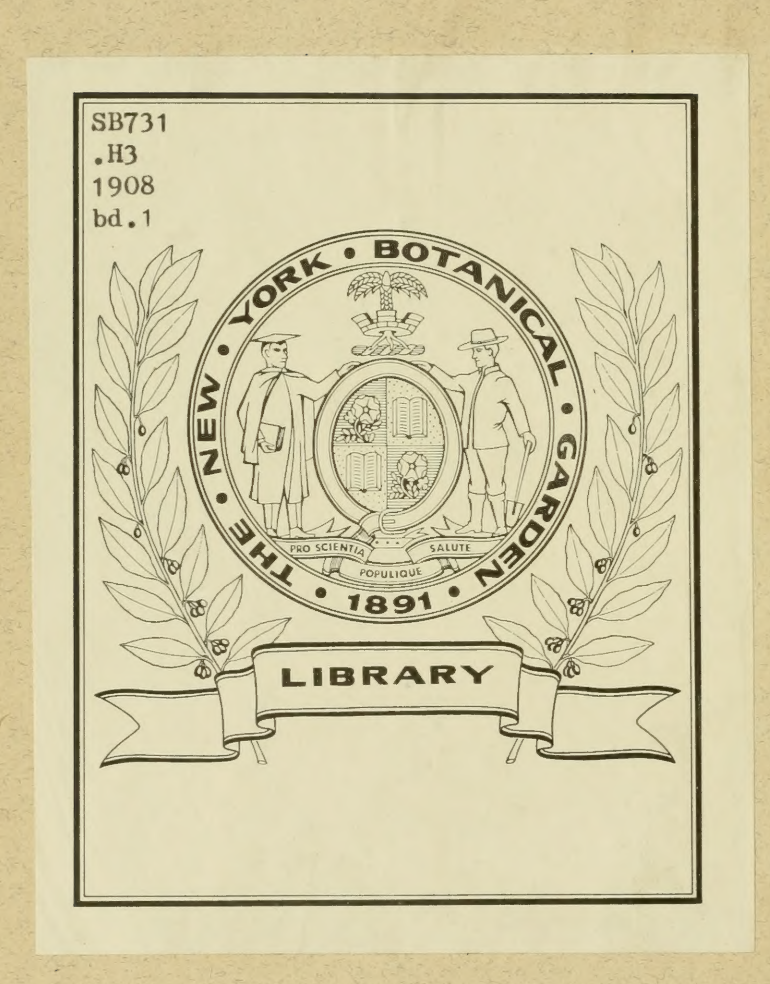
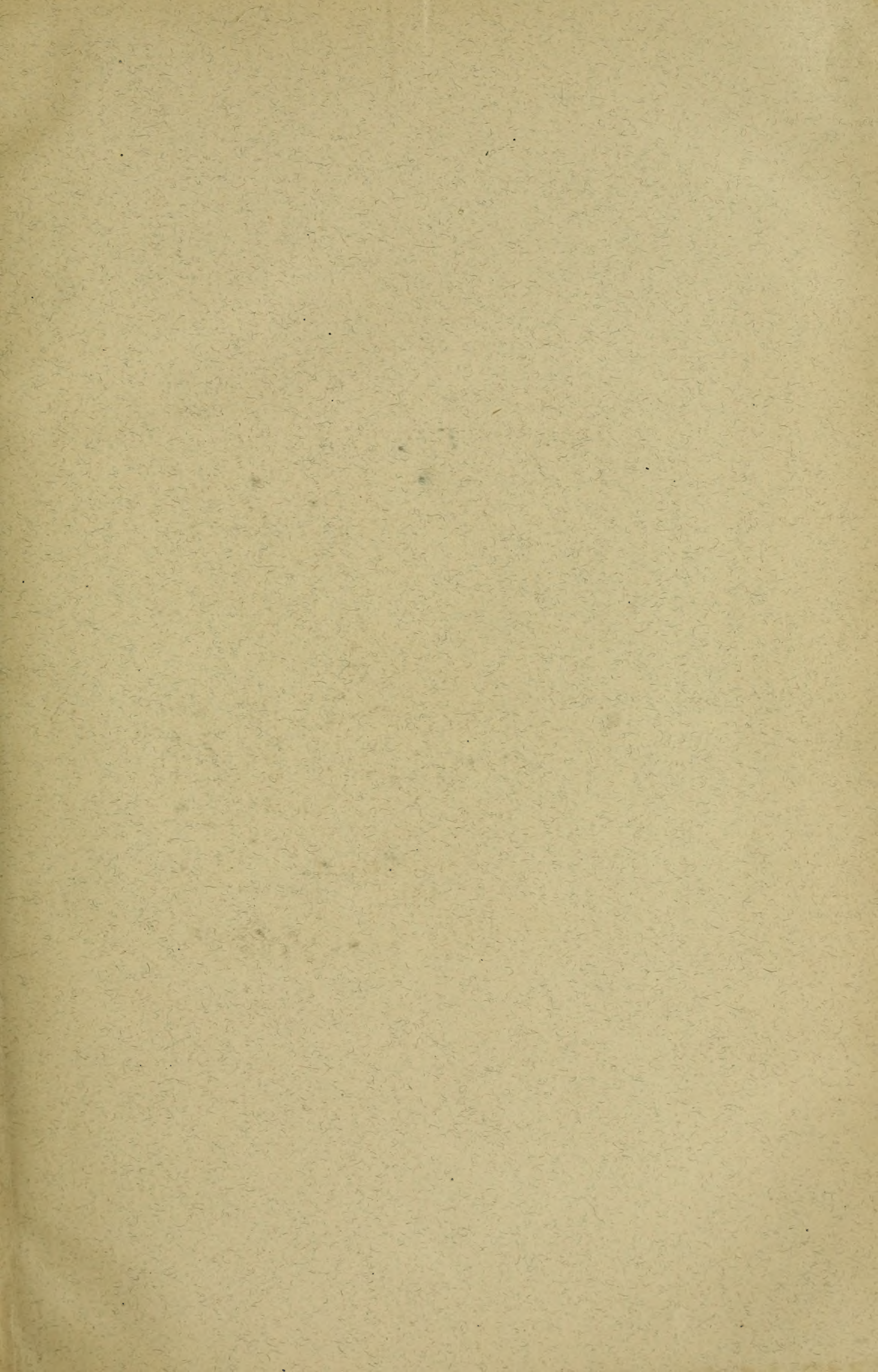
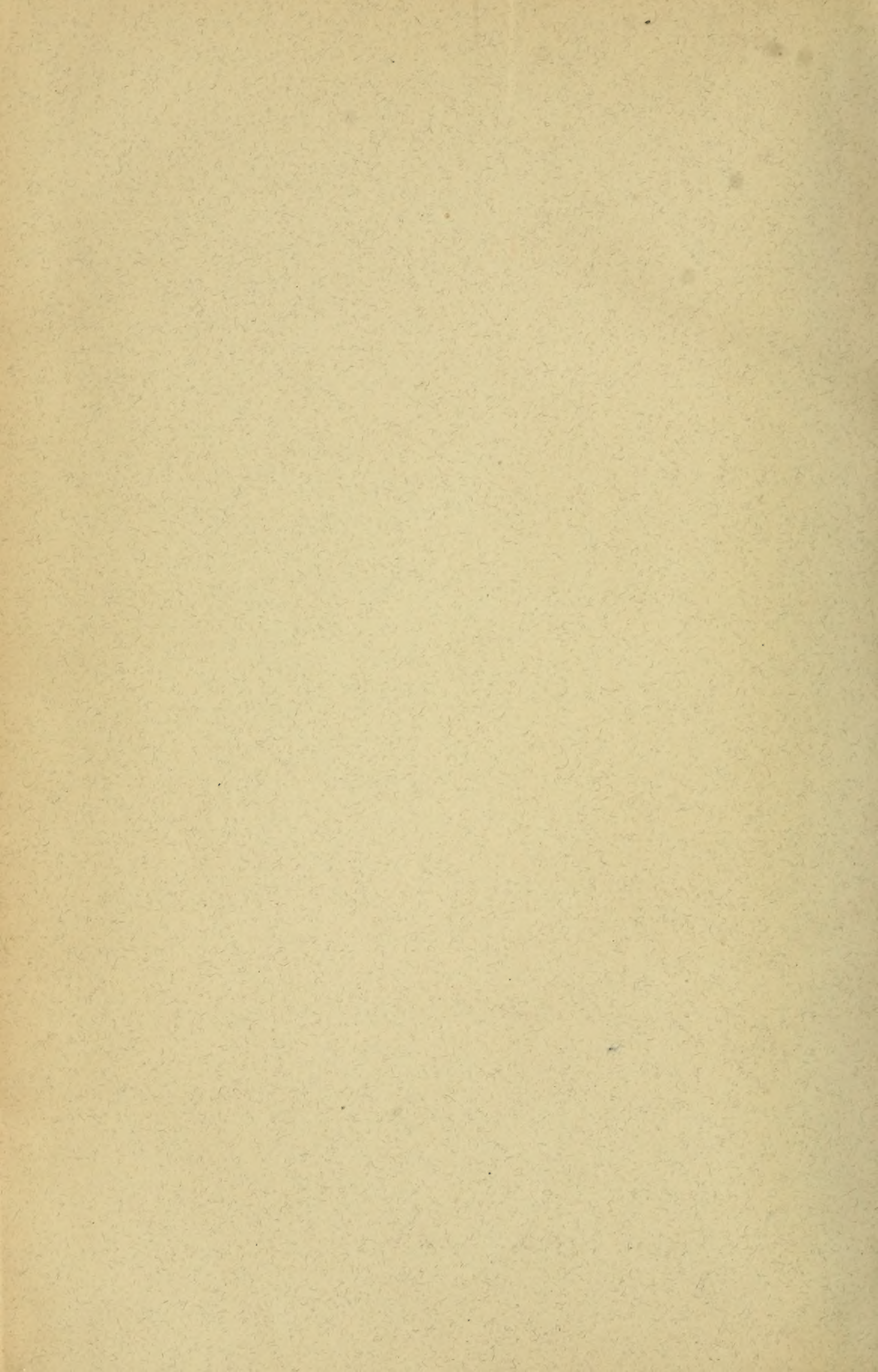
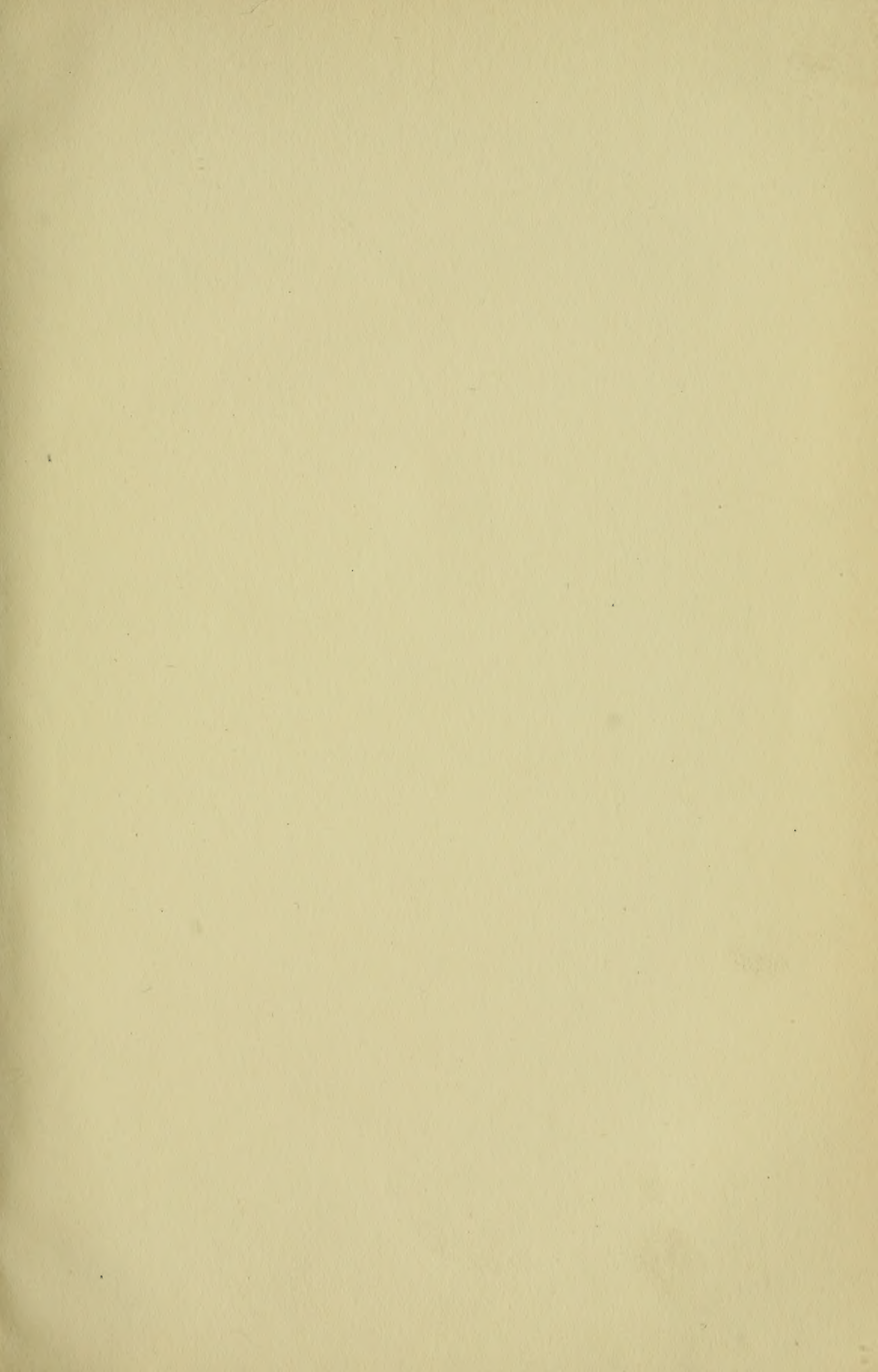
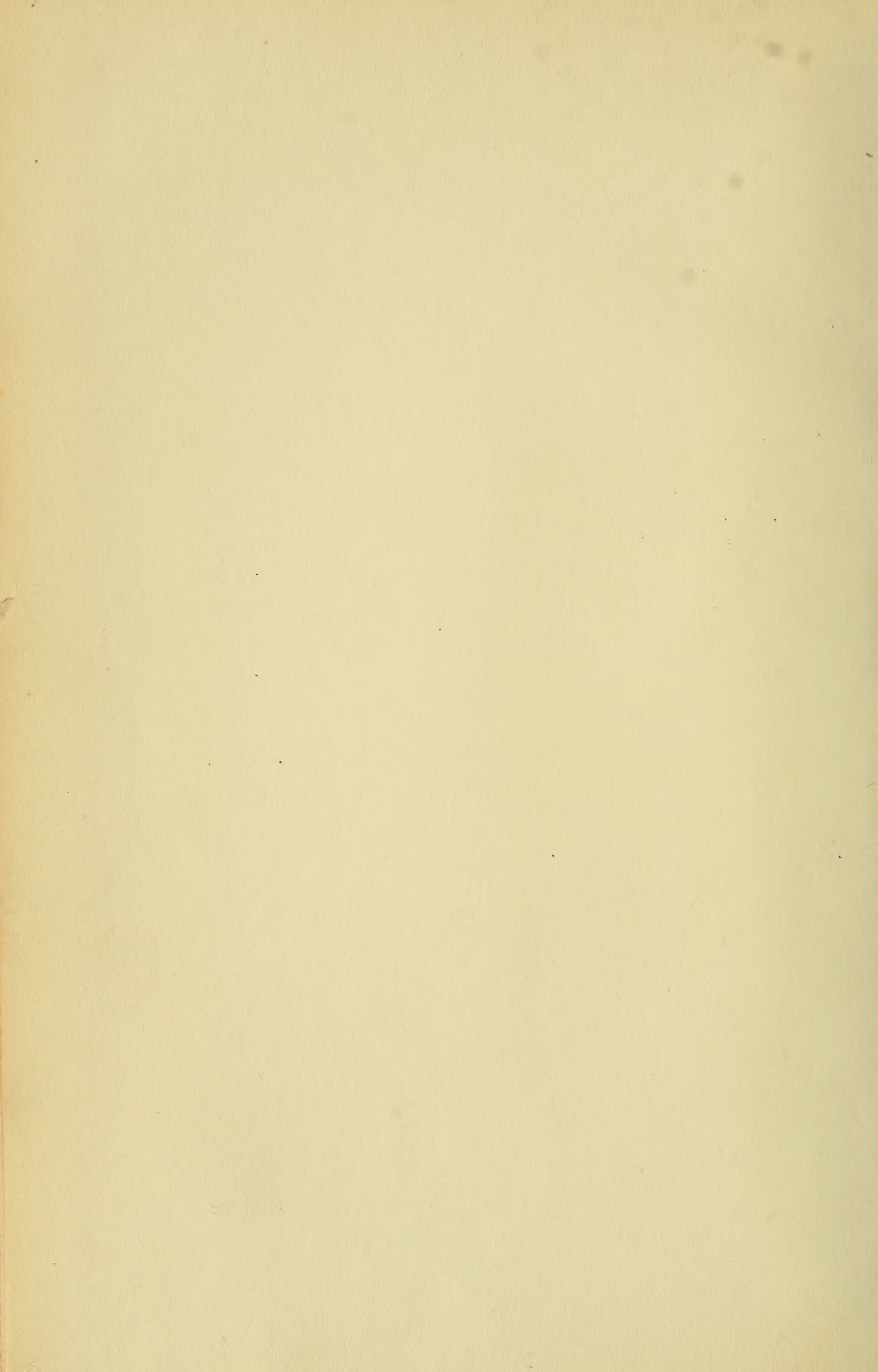



THE NEW YORK • BOTANICAL GARDEN
PRO SCIENTIA
POPULIQUE
SALUTE
• 1891 •
LIBRARY









Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage

in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau, Privatdozent an der Universität Berlin
und
Dr. L. Reh, Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben

von

Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW, Hedemannstrasse 10.
1909.

Handbuch

der

Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Erster Band.

Die nichtparasitären Krankheiten.

Bearbeitet

von

Prof. Dr. Paul Sorauer,
Berlin.



Mit 208 Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1909.

Altenburg, S.-A.,
Piererσche Hofbuchdruckerei
Stephan Geibel & Co.

Vorwort.

Für die dritte Auflage meines Handbuches habe ich die Unterstützung von Herrn Prof. Dr. Lindau und Herrn Dr. Reh erbeten. Ersterer hat in dem zweiten Bande unseres Werkes die pflanzlichen Parasiten behandelt, letzterer die tierischen Feinde in einem dritten Bande zu bearbeiten übernommen.

Eine solche Hilfe schien mir notwendig, weil die seit dem Erscheinen der zweiten Auflage veröffentlichten Untersuchungen so zahlreich sind, dafs zur Bewältigung des Materials lange Zeit erforderlich wäre. Es würde daher unvermeidlich sein, dafs der Anfang des Werkes bereits zu veralten beginnt, wenn die letzten Bogen erscheinen. Auch selbst bei der hier vorgenommenen Arbeitsteilung läfst sich dieser Übelstand nicht ganz umgehen, und wir haben uns dadurch zu helfen gesucht, daß wir einige der wichtigeren neuen Arbeiten in einem „Nachtrage“ erwähnen. Wenn, von der älteren Literatur namentlich, Arbeiten vermifst werden, so erklärt sich dies aus dem Umstande, dafs wir hauptsächlich diejenigen Studien herbeigezogen haben, die zur Stütze unserer Darstellung notwendig gewesen sind. Ein ausführlicher Literaturnachweis ist nur bei monographischer Behandlung der einzelnen Krankheiten möglich.

Die Bearbeitung des ersten Bandes, der die nichtparasitären Krankheiten umfafst, hatte ich mir vorbehalten. Nach meinem bereits im Vorwort der zweiten Auflage genügend gekennzeichneten Standpunkt ist es erklärlich, daß dieser Band der umfangreichste ist, weil ich auf die Kenntnis der durch Witterungs-, Boden- und Kulturverhältnisse hervorgerufenen Krankheiten das Hauptgewicht lege. Die durch diese Faktoren hervorgerufenen Störungen sind nicht nur die häufigsten und nachhaltigsten, sondern sie bilden auch vielfach die Einleitung für parasitäre Erkrankungen.

Deshalb war ich besonders bestrebt, gestützt auf eigene Studien und die Beobachtungen anderer Forscher, zu zeigen, wie dieselbe Pflanzenspezies je nach Lage und Bodenbeschaffenheit in ihrem Aufbau und ihren Lebensgewohnheiten sich ändern kann; je nach der verschiedenen Konstitution, die ein Individuum erlangt, ist dasselbe bald mehr zu einer gewissen Erkrankungsform geneigt, bald widerstandsfähiger.

Dies gilt auch für das Verhalten den parasitären Organismen gegenüber, und daraus ergibt sich, daß letztere nicht nur durch direkte Vernichtungsmittel bekämpft werden müssen, sondern dafs das Hauptgewicht auf eine Änderung des Mutterbodens eines jeden Parasiten,

d. h. auf eine Konstitutionsänderung der Nährpflanzen zu legen ist. Wir müssen also in der Anzucht widerstandsfähiger Rassen unsere wesentlichste Aufgabe sehen. Diese Theorie von der Prädisposition der einzelnen Organismen parasitären Angriffen gegenüber, mit welcher der Unterzeichnete bei Herausgabe der ersten Auflage dieses Werkes allein stand, zählt nunmehr viele der bedeutendsten Forscher zu ihren Anhängern.

Und so hoffe ich, wird die Idee, die ich seit Beginn meiner wissenschaftlichen Tätigkeit verfochten, nämlich die Ausgestaltung einer rationellen Pflanzenhygiene endlich zum Durchbruch kommen. Wir müssen lernen, den Organismus vor Erkrankung von vornherein zu bewahren, und dürfen erst in zweiter Linie, notgedrungen, dazu schreiten, den bereits erkrankten Organismus zu heilen.

In dem ersten Bande behandelt der erste Abschnitt die Mechanik des Krankheitsprozesses, und der zweite trägt die Überschrift „Geschichtliches". Diese Bezeichnung soll andeuten, daß ich nicht eine Geschichte der Phytopathologie schreiben wollte, weil dazu viel eingehendere Vorstudien gehören. Aber es schien mir erwünscht, schon jetzt den Versuch zu wagen, den Werdegang der Disziplin zu skizzieren, um zu zeigen, wie die jetzigen Anschauungen im Laufe der Zeiten sich herausgebildet haben.

Bei Durchsicht des speziellen Teils dürfte der Leser finden, dafs auch in der vorliegenden Auflage wieder eine gröfsere Zahl eigener Untersuchungen niedergelegt worden ist. Die in der Phytopathologie unbedingt notwendige Unterstützung der Krankheitsbeschreibungen durch Abbildungen ist in bedeutend erweitertem Mafse durchgeführt worden. Dem Charakter des Buches entsprechend sind namentlich anatomische Zeichnungen neu hinzugekommen.

In dem Bande über parasitäre Krankheiten finden wir diesmal mehrfach synoptische Tafeln zusammengestellt, um dem Leser die einzelnen Gattungen einer Familie in ihren Unterscheidungsmerkmalen zur Vergleichung übersichtlich zu machen.

Die neuen Zeichnungen sind von Fräulein H. Detmann und Fräulein E. Lütke ausgeführt worden, denen ich für ihre Tätigkeit bestens danke.

Vor allem aber danke ich meinen Herren Mitarbeitern. Sie hatten mit mir die schwierige Aufgabe zu lösen, das Material in einem vor der Bearbeitung kontraktlich festgesetzten Raume zur Darstellung zu bringen. Während der Bearbeitung sahen wir uns vor die Entscheidung gestellt, entweder den ganzen Stoff in knapperer Form, als wir ursprünglich in Aussicht genommen, vorzuführen oder einzelne Kapitel ausführlich zu bearbeiten und andere wesentlich kürzer zu fassen. Wir wählten den letzteren Weg, indem wir die uns am wichtigsten scheinenden Abschnitte eingehend behandelten, diejenigen Gruppen aber, die schon in anderen Werken eine genügende Bearbeitung gefunden haben, entsprechend einengten.

Schöneberg, im Oktober 1908.

Paul Sorauer.

Inhalt.

Einleitung.

Spezieller Teil.

Erster Abschnitt. Krankheiten durch ungünstige Bodenverhältnisse.

Zweiter Abschnitt. **Schädliche atmosphärische Einflüsse.**

Dritter Abschnitt. **Enzymatische Krankheiten.**

Vierter Abschnitt. **Einflufs schädlicher Gase und Flüssigkeiten.**

Fünfter Abschnitt. **Wunden.**

Verzeichnis der Abbildungen.

Lieferung 1. (Erster Band, Bog. 1—7.) Preis: 3 Mark.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage
in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau,
Privatdozent an der Universität Berlin

und

Dr. L. Reh,
Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben
von

Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



Mit zahlreichen Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.

1905.

Erscheint in 16—18 Lieferungen à 3 Mark.

Prospekt.

Die soeben beginnende dritte Auflage des Handbuchs der Pflanzenkrankheiten weicht insofern wesentlich von der zweiten seit Jahren bereits vergriffenen ab, als nicht mehr der Herausgeber allein die Bearbeitung übernommen, sondern in Gemeinschaft mit zwei Spezialforschern durchgeführt hat. Der Grund für diese Anordnung lag in dem Bestreben, das seit dem Erscheinen der zweiten Auflage in ungeahnter Weise angewachsene Material in kurzer Zeit zu bewältigen, um nicht den ersten Teil schon veraltet zu sehen, wenn der letzte erscheint. Ferner war dabei der Wunsch mafsgebend, die Arbeit so sorgsam wie möglich zu gestalten, und dies liefs sich eben dadurch am besten durchführen, dafs jeder Bearbeiter nur das Gebiet darstellt, auf dem er speziell auch forschend tätig gewesen ist. Dementsprechend ist die Gliederung des Werkes schärfer als in der zweiten Auflage dadurch zum Ausdruck gekommen, dafs **Dr. Reh** die tierischen Feinde, **Prof. Lindau** die pflanzlichen Parasiten und **Prof. Sorauer** diejenigen Krankheitserscheinungen behandelt, die durch Witterungseinflüsse, Lage und Beschaffenheit des Bodens sowie durch die Eingriffe hervorgerufen werden, die der Mensch mit seinen Kulturbestrebungen ausübt.

Wie man daraus ersieht, ist die frühere Anordnung des Stoffes nach den Krankheitsursachen gegenüber anderweitig geäufserten Wünschen einer Anordnung nach den Nährpflanzen beibehalten worden. Der Herausgeber verkennt nicht die Vorteile der letzteren Methode, aber er hält dieselbe nur dort für angebracht, wo es sich um den rein praktischen Zweck handelt, dem Leser das Bestimmen einer Krankheitserscheinung und die Auffindung der Bekämpfungsmittel zu erleichtern. Auf das Wesen der Krankheiten, auf ihre Ursachen und ihren inneren Zusammenhang, ihre organische Vereinigung zu Verwandtschaftsgruppen, kurz auf die wissenschaftliche Basis der Phytopathologie könnte bei dieser Methode nicht eingegangen werden, oder es müfsten sich fast bei jeder Nährpflanze die begründenden Erklärungen wiederholen.

Das Sorauersche Werk legt aber den Hauptnachdruck auf die wissenschaftliche Begründung und die Darstellung des organischen Zusammenhanges der zur Erkrankung führenden Lebensvorgänge, also des eigentlichen Wesens der Krankheit. Nur dadurch ist es möglich, den Leser zu befähigen, aus der Empirie herauszutreten und zu einer rationellen Beurteilung der einzelnen Krankheitsfälle zu gelangen.

Von dieser Anschauung ausgehend, sind sämtliche Bearbeiter bestrebt gewesen, bei der Darstellung der einzelnen Krankheitsfälle auf die teils in der Witterung, teils in der Bodenbeschaffenheit oder Bewirtschaftungsweise, teils in der Konstitution der Nährpflanze selbst liegenden Nebenumstände, die für das Zustandekommen einer Krankheit notwendig sind, hinzuweisen und zu betonen, dafs in der Bekämpfung oder Vermeidung derartiger begünstigender Faktoren der Weg liegt, einer Erkrankung, auch einer parasitären, Herr zu werden.

Mit dieser Betonung der Prädisposition stand bei Erscheinen der ersten Auflage des Handbuchs der Herausgeber allein; jetzt wird dieser Standpunkt von vielen der bedeutendsten Forscher geteilt. Damit hat sich aber auch eine Umwertung der krankeitserzeugenden Faktoren vollzogen. Es wird jetzt bei den parasitären Krankheiten die Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Parasiten und seine Angriffsform nicht mehr die Hauptsache bilden, sondern diese wird in dem Nachweis zu suchen sein, dafs der Parasit nur unter ganz bestimmten Umständen seinen Nährorganismus zu erfassen und zu zerstören imstande ist. Dadurch unterscheidet sich das Sorauersche Werk von anderen, vorzugsweise nur die parasitären Krankheiten behandelnden Werken.

Geleitet von dieser Idee hat die dritte Auflage des Handbuchs dieser Darstellung der Einflüsse, welche Bodenbeschaffenheit, Lage, Witterung und Kultur-

(*Fortsetzung auf Seite 3 des Umschlages.*)

Einleitung.

Erster Abschnitt.
Das Wesen der Krankheit.

1. Umgrenzung des Krankheitsbegriffes.

Als erste Aufgabe ergibt sich die Notwendigkeit, das von uns zu behandelnde Gebiet zu umgrenzen und darzulegen, was wir unter „Krankheit“ verstehen.

Wenn wir nur alle diejenigen Fälle als „krank“ bezeichnen, bei denen der Organismus in seinen Funktionen eine derartige Störung erleidet, daſs seine Existenz bedroht erscheint, so geraten wir bei Betrachtung der wechselnden Entwicklungsformen unserer Kulturpflanzen in Verlegenheit, und wir machen die Erfahrung, daſs wir mit obiger Erklärung nicht auskommen. Wir wissen beispielsweise, daſs unsere Kohlarten, Kohlrabi und Blumenkohl von einer dem Hederich ähnlichen Pflanze abstammen, die in ihrer natürlichen Entwicklung als wilde Pflanze keinerlei Neigung zur Bildung groſser Blätterknospen in Form von Kohlköpfen oder von rübenartigen Stengelanschwellungen, wie bei Kohlrabi, erkennen läſst. Diese Gemüse sind erst durch die Kultur entstanden und charakterisieren sich durch einen Zustand, den wir als Parenchymatosis bezeichnen, weil durch die von Generation zu Generation fortgesetzte hochgradige Stickstoffzufuhr die verholzten Zellelemente durch weiches Parenchym ersetzt worden sind. In trocknen, heiſsen Sommern auf nährstoffärmeren Bodenarten fangen bereits die jugendlichen Pflanzen an, stärker hervortretende Bereifung und damit in Verbindung einen rötlich-blauen Farbenton an ihren Blättern zu zeigen. Falls dabei Kohlrabi zu einer nennenswerten Entwicklung kommt, wird er „strähnig“, d. h. mit zähen, harten Fasern im Fleisch durchzogen oder direkt „holzig“. Die Untersuchung zeigt, daſs die Kohlrabipflanze durch die Einschränkung der Wasser- und Nährstoffzufuhr auf dem Wege ist, wieder einen Holzring mit prosenchymatischen Elementen auszubilden, wie er bei der wilden Pflanze stets zu finden ist. Ganz ähnlich verhält es sich mit den Mohrrüben, bei denen unsere normale wilde Pflanze eine feste, holzige, stärkereiche Wurzel besitzt. Unsere Kulturvarietäten dagegen sind dicke, fleischige Gebilde geworden, die in den besten Sorten gar keine Stärke, sondern äuſserst groſsen Zuckerreichtum erkennen lassen und nur in den sog. Futtersorten, wie z. B. bei der weiſsen Riesenmöhre, noch reichliche

Stärkespeicherung zeigen. Experimentell ist seinerzeit von HOFFMANN-Gießen unsere Kulturmohrrübe zur wilden Pflanze zurückgebildet worden.

Ist nun die von uns gezüchtete Kulturform ein Krankheitszustand, da sie tatsächlich gewissen Störungen gegenüber leichter erliegt? Oder ist der Rückgang der Kulturform zur normalen wilden Pflanze eine Krankheit? Jedenfalls ist dieser Rückschlag ein Zustand, der bekämpft werden muſs, weil er für unsere Kulturbestrebungen sich als unzweckmäſsig erweist.

Durch diese Beispiele wird uns zum Bewuſstsein gebracht, daſs wir bei der Behandlung der Krankheitsfrage zwei Richtungen zu berücksichtigen haben. Wir haben natürlich zunächst den Selbstzweck des Organismus im Auge zu behalten. Und dieser Selbstzweck, den der Organismus durch seine Entstehung erhält, ist: zu leben, und zwar möglichst lange zu leben. Alles, was einmal entstanden ist, bleibt als Wirkung der die Entstehung veranlassenden Ursachen so lange bestehen, bis ein stärkerer Faktor kommt, der das Gefüge stört und andere Stoff-, Form- und Funktionsgruppierungen (eine untrennbare Dreieinheit) herbeiführt. Aber bis zum Eingreifen eines solchen stärkeren Faktors verteidigt das gewordene Individuum mit der Summe der seiner Substanz innewohnenden Kräfte sein bisheriges Gefüge, d. h. seine Individualität, zu der auch eine im allgemeinen bestimmbare Altersgrenze gehört. Diese mechanisch notwendige Verteidigung seiner Individualität gegenüber den stets rüttelnden äuſseren Faktoren dürfen wir als „Selbsterhaltungstrieb" bezeichnen.

Auſser dem Selbstzweck tritt uns nun zweitens der Kulturzweck entgegen, der sich aus dem Verhältnis der Pflanzen zu unsern menschlichen Bedürfnissen entwickelt. Zustände des pflanzlichen Organismus, die unsern Kulturbestrebungen zuwiderlaufen, werden wir als unzweckmäſsig zu bekämpfen suchen. Aber solche Zustände brauchen in keiner Weise die Existenz des Individuums zu bedrohen, sind also nach unserer obigen Erklärung keine Krankheiten, und dennoch fallen sie in das Gebiet des Pathologen als Störungen, die bekämpft werden müssen.

Ganz ähnlichen Schwierigkeiten bei der Umgrenzung des Krankheitsbegriffes begegnen wir bei den gefüllten Blumen, soweit diese Füllung darauf beruht, daſs die Staubgefäſse sich in Blumenblätter umwandeln und dabei auch die Griffel verkümmern. Dies führt zur vollständigen Unfruchtbarkeit des Individuums. Die Lebensdauer der einzelnen Pflanze wird dadurch keineswegs geschädigt, sondern im Gegenteil, wie z. B. bei den gefüllten Petunien, durch die Unfruchtbarkeit verlängert; wohl aber wird der Selbstzweck der Spezies beeinträchtigt. Denn derartig gefüllte Blüten vermögen nicht mehr Samen zu produzieren, und würde diese Art der Blütenfüllung ein allgemeines Vorkommnis werden, müſste eine solche Art beim Mangel vegetativer Vermehrungsorgane schlieſslich aussterben. Diese die Existenz der Art bedrohende Abweichung der Bildungsrichtung aber wird von unserer Kultur direkt erstrebt und die Rückkehr zur normalen, samentragenden Form bekämpft. Es widerspricht sogar hier der Kulturzweck dem Naturzweck, und die Pathologie ist bemüht, die der augenblicklichen Kulturrichtung sich entgegenstellenden Unzweckmäſsigkeiten zu bekämpfen, obgleich sie damit die Existenz der Spezies geradezu bedroht.

Solche Gegensätzlichkeiten sind äuſserst zahlreich. In der Reihe der Fälle, bei denen nur einzelne Organe erkranken, kann eine derartige lokale Störung den Gesamtorganismus schädlich beeinflussen; sie kann aber auch dem Individuum nützlich sein. Wir erinnern hier

an das Abwerfen der jungen Früchte durch Dürre. Der Kulturzweck ist natürlich geschädigt; aber die Ökonomie des Baumes hat insofern einen Vorteil, als der Baum die Reservestoffe spart, die zur Ausbildung der Fruchtmenge erforderlich gewesen wäre. Infolge dieser Ersparnis ist der Baum in der Lage, nicht nur die nächsten Laubtriebe kräftig zu entwickeln, sondern auch zahlreiche Fruchtknospen anzulegen, was unterblieben wäre, wenn eine volle Ernte den Stamm erschöpft hätte.

Wenn Spätfröste Blüten und junge Früchte beschädigen, so sind sicherlich die einzelnen Organe schwer erkrankt und fallen später ab; aber der Baum selbst kann einen Vorteil haben, weil er eine Menge Nahrungsmaterial spart. Der Kulturzweck kann in diesem häufig vorkommenden Falle ebenfalls einen Vorteil haben, weil die nach der Frostwirkung sich neuentfaltenden Blüten um so vollkommnere Früchte liefern, die eine erhöhte Rente geben.

Hier dokumentiert sich der Unterschied zwischen der reinen und der angewandten Wissenschaft; erstere studiert den Krankheitsprozeſs an sich und kann nur Cellularpathologie sein, letztere zieht den Effekt für das erkrankte Individuum und dessen wirtschaftliche Bedeutung in Betracht. Wir haben beide Richtungen zu vereinigen, indem wir in unserer Darstellung die rein wissenschaftlichen Studien als Basis für die Betrachtung und Erklärung der ökonomischen Wirkungen des Erkrankungsfalles benutzen.

Die Berücksichtigung der Kulturerfordernisse zwingt uns somit zu folgender Einteilung unseres Arbeitsgebietes. Wir haben erstens alle Fälle zu betrachten, die den Selbstzweck des Organismus, also die möglichst lange Lebensdauer desselben, bedrohen; dies sind die absoluten Krankheiten. Ferner müssen wir die Schädigungen besprechen, welche der augenblickliche Kulturzweck erfährt, und welche wir als relative Krankheiten bezeichnen. Die letzteren Fälle können sich ändern; denn was der Kultur heute erstrebenswert erscheint, kann morgen vernachlässigt werden. Wenn wir beispielsweise Wirsing bauen, wird uns jedes Hinüberschlagen der Pflanzen zur Rosenkohlform eine Schädigung des Kulturzweckes sein, der wir durch Samenwechsel abhelfen werden; beabsichtigen wir Rosenkohl zu züchten, ist jeder Übergang der Pflanzen zur Wirsingform eine kulturschädigende Ausartung.

Schieſslich verdienen auch diejenigen Fälle eine Beachtuug, bei denen es sich um wirtschaftlich meist bedeutungslose Miſsbildungen, d. h. um eine von dem gewohnten Gestaltungsvorgange abweichende Ausbildung von Organen handelt. Mit diesen natürlichen Vorkommnissen, welche, wie wir glauben, oftmals auf veränderte Druckverhältnisse und andere mechanische Einflüsse bei der Anlage der Organe zurückzuführen sind, beschäftigt sich eine besondere Disziplin, die Teratologie. Dieselbe ist aber als ein Zweig der Pathologie aufzufassen, und wir werden derartige Erscheinungen, soweit ihre Ursachen erkannt oder mit einiger Sicherheit vermutet werden können, ebenfalls zur Besprechung zu ziehen haben.

Die Form der Behandlung des Stoffes, der in das Gebiet der Pflanzenkrankheitslehre oder Phytopathologie fällt, wird nach folgenden Gesichtspunkten stattfinden müssen. Zunächst beschäftigt uns die

Pathographie oder Symptomatik, d. h. die Beschreibung der Krankheit nach ihren einzelnen Anzeichen oder Symptomen. Dann folgt die

Pathogenie oder Ätiologie, nämlich die Untersuchung über die Entstehung der Krankheit. Erst nach Erkenntnis der Ursachen ist es möglich, die

Therapie oder Heilmittellehre zur Anwendung zu bringen und die Möglichkeit einer

Prophylaxis oder eines Vorbeugungsverfahrens in Erwägung zu ziehen.

2. Die Entstehung der Krankheit.

Wenn wir gesagt haben, daſs wir bei der Beurteilung einer Erkrankung von der einzelnen Zelle ausgehen müssen, so haben wir zunächst uns bewuſst zu werden, welch ein komplizierter Organismus die Zelle selbst ist und wie Aufbau und Funktion derselben von der Beschaffenheit, Lagerung und Wirkung der sie zusammensetzenden Micellen abhängen.

Fassen wir beispielsweise einige Quellungsvorgänge ins Auge. Eine Zellmembran ist zu einer bestimmten Zeit in einem bestimmten Grade mit Imbibitionswasser durchtränkt, d. h. die durch die Kohäsion zusammengehaltenen Cellulosemicellen sind mit Wasserhüllen von gewisser Ausdehnung versehen. Je nach der Menge der Wasserzufuhr werden die Micellen bald weiter auseinanderrücken oder sich einander nähern, d. h. die Membran wird bald lockerer, bald dichter werden. Ebensolche Schwankungen erzielen wir im Plasmakörper der Zelle bei Einwirkung wasserentziehender Mittel. Gleiche Vorgänge beobachtet man am Chlorophyllkorn, wenn man (z. B. bei einem Getreideblatt) in einem Fall schwache Salzsäuredämpfe, im andern Fall Schwefelwasserstoff einwirken läſst. Bei jener sieht man den Chloroplasten schrumpfen, bei diesem wird das Chlorophyllkorn zu einem bleichgrünen, teigigen, fast gallertartigen Körper.

In der Membran einer Zelle können starke Lockerungserscheinungen manchmal auf einzelne Stellen beschränkt sein. Als Beispiel können die sog. „Perlzellen" bei Lagergetreide gelten. Einzelne Zellgruppen in der Nähe stärkerer Gefäſsbündel zeigen auf der Innenseite ihrer Membranen, die später den Cellulosecharakter verlieren, perlartig hervortretende Lockerungsherde. Läſst man Frost auf junge, kräftig wachsende Kartoffelstengel einwirken, so findet man nachher einzelne Gruppen von Blattparenchymzellen, deren Wandungen streckenweise bis zum Vierfachen ihrer normalen Dicke aufgequollen erscheinen; man beobachtet dabei einen Zerfall der dichteren Membranlamellen unter Braunfärbung in strichartige Bruchstücke, welche in einer gleichartigen, helleren Grundsubstanz eingebettet liegen.

Bei den stark gelockerten Membranen werden durch die bedeutend erweiterten Micellarinterstitien nunmehr Moleküle einer andern Substanz hindurchdringen können, die früher wegen ihrer Gröſse am Durchtritt behindert gewesen sind. Wenn der Frost Veränderungen im Plasmagefüge hervorruft, sehen wir Stoffe aus- und einwandern, denen früher der Plasmaleib die Wanderung verwehrte. Angefrorene rote Zuckerrüben (*Beta*) lassen ihren roten Farbstoff nebst Zucker aus dem Parenchym des Rübenkörpers reichlichst in das umgebende Wasser austreten, was die zerschnittene Rübe ohne vorhergegangene Frostwirkung nicht tut. Die Lockerung des Gefüges der organischen Substanz ist ein ganz normaler Vorgang, der von der Einwirkung äuſserer Faktoren, wie

Wasserzufuhr, Licht, Wärme usw., in seiner Intensität abhängig ist. Überschreiten diese normalen Vorgänge eine gewisse Grenze, so führen sie zu Störungen, die Gefüge und Funktion der Zelle derart alterieren, dafs sie zur Erhaltung des Lebens untauglich werden. Jeder andere Vorgang des Zelllebens verhält sich ebenso. Unter dem Einflufs der einzelnen Wachstumsfaktoren wird er bald gesteigert, bald verlangsamt, und wir wissen, dafs jede Funktion des Lebens je nach der Wirkung jedes einzelnen Vegetationsfaktors zwischen weiten Grenzen pendelt. Die Grenzwerte bezeichnen wir als Minimum und Maximum; die Funktionshöhe, in welcher ein Lebensvorgang die Entwicklung des Organismus am meisten fördert, bezeichnen wir als Optimum.

Das Pendeln der Funktionen um das Optimum innerhalb der die Entwicklung fördernden Grenzen können wir als „Breite der Gesundheit" ansprechen. Dieselbe ist nicht zu verwechseln mit der „Breite des Lebens". Denn der Organismus kann noch leben jenseits der Breite der Gesundheit; nur sind seine Funktionen derart geschwächt, dafs seine Entwicklung einen Stillstand oder Rückgang erleidet, und dies ist der Zustand des Siechtums. Ist dieses Aufhören der Funktion ein vorübergehendes, so fällt der Zustand in den Begriff der „Starre", und wir sprechen von einer Dunkelstarre, Kältestarre usw.

Aber wir müssen uns hüten, zu glauben, dafs der Eintritt des Siechtums, der Starrezustände und des Todes für eine Spezies an präzise Zahlenwerte der einzelnen Wachstumsfaktoren gebunden ist.

Wenn wir beispielsweise zwei Stecklinge derselben Pflanze entnehmen und kultivieren dieselben in ausgeglühtem Sande mit demselben Nährstoffquantum längere Zeit, wobei der eine Steckling stets im Warmhause, der andere im Freien gehalten wird, so zeigen dieselben schliefslich eine ganz verschiedene Empfindlichkeit gegen Frost und andere Witterungsfaktoren. Das Warmhausexemplar erfriert nun leichter, d. h. seine Minimalgrenze für die Erhaltung des Lebens ist nach oben gerückt. Temperaturen, welche das Freilandexemplar noch innerhalb der Breite der Gesundheit zu erhalten vermögen, heben die Lebensvorgänge bei dem Warmhausexemplar bereits auf. Ganz ähnliche Verschiebungen zeigen die Versuche betreffs der Maximal- und Minimalgrenzen bei andern Wachstumsfaktoren, so dafs wir zu dem Schlufs kommen, dafs jede Pflanze für jeden Standort ihre eigene Skala der Bedürfnisse, ihr eigenes Optimum, Maximum und Minimum, also ihre spezifisch eigene Breite der Gesundheit besitzt.

Beachtenswert ist ferner der Umstand, dafs die einzelnen Funktionen zu verschiedenen Zeiten erlöschen.

Wenn wir beispielsweise Kartoffelknollen bei etwa — 1 ° C. einige Zeit liegen lassen, zeigt sich, dafs der Atmungsprozefs früher nachläfst als die Umwandlung der Stärke in Zucker, und es erfolgt eine Zuckeranhäufung in der Knolle, die wir als „Süfswerden der Kartoffeln" bezeichnen. Bei langsamer Erhöhung der Temperatur auf etwa +10° C. verschwindet der gespeicherte Zucker durch Hebung der Tätigkeit des Protoplasmas und des Veratmungsprozesses.

Wenn Gurken, Tabak und andere wärmebedürftige Pflanzen längere Zeit eine Temperatur von +5 bis 8 ° C. zu ertragen haben, zeigen sie Gelblaubigkeit, die bei dauernder Wärmesteigerung wieder verschwindet. Die Pflanzen sterben nicht, aber Assimilation und Wachstum werden

derartig herabgedrückt, dafs sich nunmehr Vorgänge (Gummibildung) einleiten können, die zum vorzeitigen Tod des Individuums führen. Wie im vorliegenden Falle der Wärmemangel, wirken in andern Fällen Nährstoffmangel, Lichtmangel, kurz jede Herabminderung eines Vegetationsfaktors derart retardierend auf die normale Richtung der Funktionen, dafs das richtige Ineinandergreifen derselben zum Zwecke eines förderlichen Stoffwechsels abgelenkt wird. Es entstehen nun andere Verbindungen und Funktionsrichtungen (z. B. Gärungen), die einen vorzeitigen Abschlufs des Lebens einleiten. Dieselbe Wirkung wird durch jeden Überschufs, jede Annäherung an die Maximalgrenze eines Vegetationsfaktors eintreten müssen.

In sehr vielen Fällen deutet sich das eingetretene Siechtum durch eine Chlorose an, die unmerklich sich einstellt und langsam fortschreitet. Selbst wenn es der Beobachtung gelänge, den ersten Anfang einer Chlorose zu erkennen, so würde damit keineswegs der Anfang des Siechtums gefunden worden sein; denn die ersten molekularen Umwandlungen, die zur Vergilbung eines Chlorophyllkorns geführt haben, sind uns doch unbekannt geblieben. Experimentell läfst sich wohl eine Grenze zwischen der förderlichen und dem Beginn der hinderlichen Gröfse eines einzelnen Wachstumsfaktors feststellen, aber wir sehen dabei immer nur das Endresultat und nicht den Werdegang, d. h. die dieses Endergebnis einleitenden Prozesse. Für unser Wahrnehmungsvermögen stellen sich Gesundheit und Krankheit als Zustände dar, die unmerklich ineinander übergehen.

3. Die Beziehungen der Pflanze zu ihrer Umgebung.

Bei dem im vorigen Abschnitt unternommenen Versuche, darzulegen, wie Gesundheit und Krankheit Zustände darstellen, die wie die Glieder einer Kette ineinandergreifen, hatten wir zunächst die sog. Konstitutionskrankheiten im Auge. Wir verstehen darunter die den ganzen Organismus in Mitleidenschaft ziehenden Ernährungsstörungen infolge von Mangel oder Überschufs eines der notwendigen Vegetationsfaktoren. Diesen Allgemeinerkrankungen gegenüberzustellen sind die Lokalerkrankungen durch zufällige Eingriffe. Hier steht zunächst der Gesamtorganismus in voller Reaktionsfähigkeit einer nur an einem einzelnen Organ wirksam werdenden Störung gegenüber. Wenn bei den Konstitutionskrankheiten die Einwirkungen der notwendigen anorganischen Wachstumsfaktoren in Betracht kommen, treten bei den Lokalerkrankungen die Beeinflussungen in den Vordergrund, die die Organismen gegenseitig aufeinander ausüben.

Teils sind es Tiere, die zur Befriedigung ihres Nahrungs- oder Wohnungsbedürfnisses die Pflanze aufsuchen, teils werden die Pflanzen gegenseitig einander beeinflussen. Als das nächstliegende Beispiel finden wir den Einflufs der Chausseebäume auf die jenseits des Chausseegrabens befindlichen Kulturen. Namentlich bei Trockenheit bemerken wir, dafs die im Bereich der Baumkrone befindlichen Getreide- und Kartoffelpflanzen nicht nur weniger kräftig entwickelt sind, sondern auch früher und stärker welken als die übrige Feldfrucht. Hier sind es vorzugsweise die regenabhaltende Baumkrone und die wasserentziehenden Baumwurzeln, welche sich nachteilig bemerkbar machen. Auf dem Felde selbst finden wir nicht selten einzelne Stellen, auf denen die Saat äufserst kümmerlich steht, weil der Wind-

halm die Getreidepflanzen erstickt hat. Die Aussaat ist nicht mangelhaft gewesen, wohl aber sind die Keimung und Jugendentwicklung durch Kälte und Sauerstoffmangel zurückgehalten worden, weil der Acker undurchlässige Stellen besafs. Dort wird im Frühjahr die Nässe lange im Boden verbleiben; derselbe erwärmt sich dadurch schwerer und leidet Sauerstoffnot. Der Windhalm (*Apera spica venti*), der überall auf den Getreidefeldern vorhanden, ist weniger empfindlich und entwickelt sich unter solchen Verhältnissen schneller als die Getreidesaat. Durch das erlangte Übergewicht erdrückt er die Getreidepflänzchen. Ganz ähnlich verhält es sich mit den andern Unkräutern, die durch ihre schnellere Entwicklung nicht nur den Kulturpflanzen Bodennährstoffe wegnehmen, sondern sie auch durch Beschattung schädigen. Eigentlich aber ist dieser Kampf um den Raum der erste gegebene Faktor jeder Pflanzengemeinschaft und kommt bei allen Feld- und Waldkulturen zum Ausdruck. Auf dem Getreidefelde und in jedem Waldbestande erdrückt das ursprünglich am kräftigsten wachsende Individuum die schwächlichere Umgebung. Es ist die allgemein gültige Gewalt des Stärkeren, die bei jedem Zusammenleben der Organismen zum Ausdruck kommen mufs.

Dieses Zusammenleben in der soeben geschilderten Art und Weise in räumlicher Entfernung können wir als Nachbarschaft bezeichnen zur Unterscheidung von der gegenseitigen Beeinflussung der Organismen bei räumlicher Vereinigung. Ein derartiges Verhältnis (Symbiose) mufs intimer sein, da ein Organismus auf dem andern lebt. Je nachdem der Einflufs ein gegenseitig fördernder oder hemmender ist, unterschied DE BARY (1866) eine mutualistische von einer antagonistischen Symbiose. Die von VUILLEMIN 1889 für diese Verhältnisse gewählte Bezeichnung „Symbiose“ und „Antibiose“ will uns weniger glücklich erscheinen.

Beispiele einer mutualistischen Gemeinschaft, die von van Beneden 1878 auch als Kommensalismus, als Tischgemeinschaft bezeichnet worden ist, finden wir in den in starrer, hexenbesenartiger Verzweigung über die Bodenoberfläche hervortretenden Wurzelbüscheln bei den Sagopalmen (*Cycadeae*), die in ihren grofsen Rindenlücken zahlreiche Ketten von *Nostoc* beherbergen. Ähnliches zeigt die Gattung *Gunnera*. Ferner findet sich mannigfach in der Literatur erwähnt der Fall, wo eine unserer *Salvinia natans* ähnliche Wasserpflanze, *Azolla caroliniana*, einer andern Nostocacee mit länglichen Gliedern (*Anabaena*) Unterkunft in den Achselhöhlen ihrer Blätter gewährt.

Das zugänglichste Beispiel für Mutualismus bietet der Aufbau des Flechtenkörpers, in welchem Pilz und Alge in gegenseitiger Hilfeleistung dauernd verbunden bleiben: Lichenismus.

Ähnlich gedeutet wird die Symbiose gewisser Pilzmycelien mit den Wurzeln von *Fagus*, *Corylus*, *Castanea* und mehreren Coniferen, die sog. Pilzwurzel oder Mycorhiza, die man für eine notwendige allgemeine Einrichtung anzusehen gewohnt ist. Anschliefsend an die Mycorhiza ist die von HILTNER[1]) und STÖRMER als Bacteriorhiza bezeichnete Schutzvorrichtung zu erwähnen (bei *Beta* und *Pisum*). Es dringen vom Boden aus Bakterien in die äufseren Zellschichten der

[1]) HILTNER und PETERS, Untersuchungen über die Keimlingskrankheiten der Zucker- und Runkelrüben. Arbeiten d. Biolog. Abt. am Kais. Gesundheitsamte. Bd. IV. Heft 3. 1904.

Wurzeln, die zwar eine Bräunung dieser Schichten verursachen, aber sonst die Gesundheit der Pflanze nicht besonders stören. Diese Bakterien verhindern (nach HILTNER) aber das Eindringen anderer, schädlicher Organismen (*Phoma* usw.).

Endlich gedenken wir noch der Einrichtung der Wurzelknöllchen, die in verschiedener Gestalt und Gruppierung bei den Hülsenfrüchten an den Wurzeln zu finden sind und bei den Erlen jene bekannten traubenförmigen Körper darstellen, die als kugelige Nester kurzverzweigter Wurzeln nicht selten in Faustgröfse beobachtet werden. Die den Stickstoff der Luft der Pflanze nutzbar machenden Organismen in den Knöllchen, die als *Rhizobium Leguminosarum* Frank oder *Bacillus radicicola* Beijerinck bei den Hülsenfrüchtlern beschrieben worden sind, gehören ebenso wie die Erzeuger der silberweifsen Knöllchen bei *Isopyrum biternatum*, das nach MAC DOUGAL[1]) sich auf nitratfreien Böden kräftig entwickelt, den Bakterien an. Dagegen scheinen die neuen Untersuchungen von BJÖRKENHEIM[2]) zu beweisen, dafs bei den Erlen es sich um einen Hyphenpilz handelt.

Bei der antagonistischen Symbiose hat DE BARY den Ausdruck Saprophytismus verwendet, und JOHOW hat 1889 den Begriff spezialisiert, indem er Holosaprophyten (chlorophylllose) von Hemisaprophyten (chlorophyllführende) unterschieden hat.

Dem gegenübergestellt hat BISCHOFF den Begriff Parasitismus. Der Ausdruck „Parasit" ist nach SARAUW[3]) im Jahre 1729 von MICHELI bei Balanophoreen zum ersten Male gebraucht worden[4]), und entsprechend der Einteilung der Saprophyten hat SARAUW die Holoparasiten (ohne Chlorophyll) von Hemiparasiten (mit Chlorophyll versehen) unterschieden.

Unter Saprophytismus versteht man die Fähigkeit eines Organismus, von der in Zersetzung begriffenen organischen Substanz sich ernähren zu können, während der Parasit auf das im lebendigen Organismus dargebotene Material angewiesen ist.

Prüfen wir diese Gliederung in den Ernährungsformen, so erkennen wir, dafs eine solche scharfe systematische Scheidung, wie überall in der Wissenschaft, nur von der jugendlichen Disziplin vorgenommen wird, und die ältere und erfahrungsreichere Wissenschaft überzeugt sich, dafs Übergänge zwischen den einzelnen Gruppen vorhanden sind.

Vergleicht man das Verhältnis der Nachbarschaft zur Ernährungsgenossenschaft (Symbiose), so zeigt uns eben jeder Wald und jedes Getreidefeld, wie beständig ein Organismus den andern beeinflufst, je nachdem der eine dem andern Nährstoffe, Wasser und Licht übrig läfst. Ebenso wie die räumliche Entfernung keine feste Schranke für die Ernährungsform bildet, kommt auch die Gliederung der Organismen in solche mit reiner Mineralernährung und in solche der auf organische Substanz angewiesenen in Wegfall.

Der tatsächlich vorhandene Vorgang besteht darin, dafs die zur

---

[1]) Minnesota Botanical Studies 1894.

[2]) BJÖRKENHEIM, Beiträge zur Kenntnis des Pilzes in den Wurzelanschwellungen von *Alnus incana*. Zeitschr f. Pflkr. 1904. S. 129

[3]) SARAUW, G. F. L., Rodsymbiose og Mykorrhizer saerlig hos Skovträerne. Botanisk Tidsskrift 1893. Heft 3 u. 4.

[4]) Aber TOURNFORT in Mém. Ac Paris 1705, p. 332, spricht schon von Pflanzen, welche auf andern Pflanzen wachsen.

selbständigen Ernährung geeigneten Pflanzen ihr Nährstoffmaterial, obwohl sie es aus rein mineralischer Unterlage beziehen können, doch auch nebenbei den Humussubstanzen entnehmen, die durch die Tätigkeit einer reichen Bakterienflora im Boden die Nährstoffe in aufnehmbarer Form liefern. Man denke an die Vorteile der Bewirtschaftung unserer Äcker mit tierischem Dung.

Ganz besonders stark aber hat die Neuzeit an der Grenzwand zwischen Saprophytismus und Parasitismus gerüttelt, indem sie immer reichlicher Beispiele dafür bringt, dafs die als obligate Parasiten angesprochenen Organismen in bestimmten Entwicklungsphasen einer saprophyten Ernährung zugänglich sind, und anderseits, dafs die in zahllosen Fällen uns begegnenden Saprophyten eine parasitäre Lebensweise annehmen können.

Einen Einblick in die Art und Weise, wie solcher Wechsel in der Ernährungsweise zustande kommt, gewähren uns die Untersuchungen von Miyoshi[1]). Die im Institut von Pfeffer in Leipzig vorgenommenen Experimente zeigen, dafs Pilzhyphen chemisch reizbar sind und von ihrer Wachstumsrichtung entweder nach der reizenden Substanz hin (positiver Chemotropismus) oder von derselben fort (negativer Ch.) abgelenkt werden können. Ja, auch ihr Wachstumsmodus kann sich ändern, indem z. B. bei hoher Konzentration der Lösung Neigung zur Sprofsbildung sich einstellt. Gerade unsere gewöhnlichsten Schimmelformen, die gelegentlich zu Parasiten werden (*Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus*), zeigen eine solche Reizbarkeit Stoffen gegenüber, die als Inhaltsstoffe der Zellen der phanerogamen Gewächse fast stets vorausgesetzt werden können. Aufser Dextrin und den neutralen phosphorsauren Salzen ist es besonders der Zucker, der in hervorragender Weise die Pilzhyphen anlockt, falls nicht zu hohe Konzentration vorhanden ist. So wirkt z. B. Traubenzucker bei 50%iger Lösung für den bei der Fäulnis des Obstes tätigen *Mucor stolonifer* repulsiv. Säuren dagegen und Alkalien wirken von vornherein abstofsend. Die Keimschläuche der Sommersporen von *Uredo linearis*, einem Getreideroste, werden durch Pflaumen- und Weizenblattdekokt angelockt. Besonders interessant sind die Kulturergebnisse bei *Penicillium glaucum*, dessen Hyphen die Zellwände eines Blattes durchbohrten, das mit einer zweiprozentigen Rohrzuckerlösung imprägniert war. Ebenso drangen sie in künstliche Cellulosemembranen und in die Epidermis von Zwiebelschalen ein, die auf einer Nährgelatine lagen.

Dies sind äufserst wichtige Fingerzeige, welche die zahlreichen Fälle von Erkrankungen durch *Penicillium* zu erklären vermögen. Es ist bekannt, dafs dieser Schimmel, der häufigste Fäulniserreger bei dem Kernobst, sich erst auszubreiten beginnt, wenn der Reifeprozefs die Stärke in Zucker umgewandelt hat. Und betreffs des Eindringens von *Penicillium* in Zwiebelschalen finden wir reichlich Beispiele in den bisweilen zu Prozessen führenden Fällen der Fäulnis von Tulpen-, Hyazinthen- und Lilienzwiebeln, die besonders dann stark auftritt, wenn nasse Jahre ein Ausreifen der Zwiebeln verhindern, und wenn dieselben mit aufsergewöhnlichem Zuckerreichtum auf Lager gebracht und dann frühzeitig zur Treiberei verwendet werden.

---

[1]) Miyoshi Manabu, Über Chemotropismus der Pilze. Bot. Zeit. LII, 1894. S. 1—27.

So sehen wir, wie die Beschaffenheit des Zellinhalts und der Zellmembran der Nährpflanze ausschlaggebend für ein Einbohren von Pilzhyphen und für den Übergang des Saprophyten zum Parasiten werden kann.

4. Die parasitären Krankheiten.

Gestützt auf die vereinzelten, sorgfältig studierten Fälle von Parasitismus, verallgemeinerten viele Beobachter den Begriff der parasitären Erkrankung dahin, daſs sie eine solche überall da annahmen, wo Organismen in Krankheitsherden sich angesammelt zeigten. In vielen Fällen stützte man sich auf das Experiment, indem man einem Nährorganismus die parasitären Lebewesen einimpfte und eine lokale Gewebeerkrankung zu erzeugen vermochte.

Bei dieser Methode häuften sich die scheinbaren Nachweise parasitärer Krankheiten derart, daſs man zu der Annahme gedrängt wurde, es gäbe kaum eine Erkrankung, bei der Parasiten nicht beteiligt wären. Diese Impfmethoden im Laboratorium führten allmählich zu der Erkenntnis, daſs bei zahlreichen Krankheitserscheinungen keine spezifischen Parasiten, sondern allgemein verbreitete Mycelpilze und Bakterienformen die Ursache wären. Je weiter die Studien fortschritten, desto mehr Fälle gelangten zur Kenntnis, bei denen durch Impfung von Sporen unserer häufigsten Schimmelpilzformen, wie *Botrytis*, *Penicillium*, *Cladosporium* u. dgl., sowie der verbreitetsten Bodenbakterien, *Bacillus subtilis* und *vulgatus*, gesunde Gewebe zur Erkrankung gebracht worden sind.

Damit wurde endlich die Frage nahegelegt, woher es wohl kommen mag, daſs derartig allenthalben vorhandene Organismen nur in manchen Fällen parasitär ein Gewebe anzugreifen vermögen und ein anderes Mal sich saprophytisch mit bereits abgestorbener organischer Substanz begnügen? Zu dieser Frage gesellte sich eine zweite, die aus den äuſserst schnell sich mehrenden Erfahrungen entsprang, daſs bei gleichen Impfmethoden gewisse Varietäten oder auch Individuen widerstandsfähig sich erwiesen, während andere mit Leichtigkeit dem parasitären Angriff erlagen. Was war die Ursache derartiger Verschiedenheiten?

Ein Teil der Forscher zog zur Erklärung solcher Fälle die Virulenztheorie herbei. Es wurde hervorgehoben, daſs der Parasitismus als Kampf zweier Organismen gegeneinander in jedem einzelnen Falle davon abhängen müſste, wer von den Kämpfenden der stärkere sei. Wenn die Angriffswaffe des Parasiten z. B. ein von demselben ausgeschiedenes Enzym sei, das die Fähigkeit habe, den Zellstoff der Nährpflanze zu lösen, so sei erklärlich, daſs dieser Prozeſs um so schneller stattfinden würde, je mehr in einer Zeiteinheit von einem derartig lösenden Ferment gebildet würde. Da man nun experimentell nachweisen konnte, daſs bei Kulturen auf verschiedenen Nährböden die Angriffskraft des Parasiten wechselte, so durfte man sich sagen, daſs dort, wo er zum Krankheitserreger wirklich wurde, seine Produktion an Enzymen eine besonders reichliche gewesen, er besonders giftig (virulent) gewesen sein muſs. Die meisten Beispiele für die wechselnde Virulenz lieferten die Bakterienkulturen; doch wurden auch bei den Mycelpilzen solche Fälle festgestellt. Sehr bekannt ist die Angabe von de Bary über die überall anzutreffende, als

Botrytis cinerea bezeichnete Schimmelform, deren Mycel sich durch die gewöhnliche saprophyte Ernährung erst zu einer gewissen Kräftigkeit entwickelt haben mufs, wenn es parasitär werden und lebendige Pflanzenteile mit Erfolg angreifen soll. Ich konnte für die Konidien dieses Pilzes gleichsinnige Resultate erlangen. Es wurden auf weiche Begonienblätter massenhaft Sporen ausgestreut und die Aussaat reichlich feucht erhalten. Nach einigen Tagen liefs sich beobachten, dafs an denjenigen Blattstellen, wo die Sporen in dicken Haufen aufeinandergelegen hatten, eine Erkrankung des Blattes unter Bräunung des Gewebes eingetreten war; dort, wo die Sporen vereinzelt aufgelegen, ist ein Angriff nicht festzustellen gewesen. Die Wirkung der von der einzelnen Spore ausgeschiedenen Fermentmenge hatte sich demnach als ungenügend erwiesen, während die Häufung des Angriffsmaterials die Infektion zuwege gebracht hatte.

Es wird nun leicht verständlich, dafs die Parasiten, wie jeder andere Organismus, sich dann am kräftigsten entwickeln, wenn die Ernährungsbedingungen am günstigsten sind, und dafs, je kräftiger und zahlreicher ihre vegetativen Organe ausgebildet werden, ihre Enzymausscheidungen und demgemäfs ihre Angriffsstärke sich steigern, also ihre Virulenz erhöht wird.

Aber diese Vorgänge genügen nicht zur Erklärung der Tatsache, dafs auf einem Felde bei einer Anzahl nebeneinander angebauter Varietäten einzelne derselben völlig zerstört werden können, während danebenstehende wenig beschädigt werden oder vielleicht ganz unversehrt bleiben. Da in solchen Fällen die Witterungsverhältnisse und sonstigen Vegetationsfaktoren gleich günstig für den Parasiten sind und trotzdem auf einer Varietät er sich schnell und kräftig ausbreitet und auf der andern nicht, so mufs in diesen beiden Fällen der Mutterboden selbst, d. h. also die spezifische Beschaffenheit der Nährpflanze, ausschlaggebend für die Erkrankung gewesen sein. Damit gelangen wir zur Erkenntnis, dafs für das Zustandekommen einer parasitären Krankheit nicht die Anwesenheit des Parasiten allein mafsgebend ist, sondern auch die Beschaffenheit des Nährorganismus mitsprechen kann.

Die vielfachen Impfversuche haben auch dazu geführt, die sich auf andern Organismen ansiedelnden Lebewesen, die imstande sind, das Gewebe anzugreifen, derart zu klassifizieren, dafs man eine Gruppe als absolute Parasiten anspricht, wenn sie imstande ist, die Nährpflanze in allen Stadien ihrer normalen Entwicklung anzugreifen. Von dieser Gruppe hat man solche Organismen als Wundparasiten abgetrennt, welche den mit seinen normalen Schutzvorrichtungen versehenen Organismus nicht angreifen können, sondern erst derjenigen Gewebeveränderung bedürfen, welche eine Wundfläche darbietet. Bei einer grofsen Anzahl parasitärer Vorkommnisse haben wir erkannt, dafs der Parasit erst dann den für seine Entwicklung nötigen Mutterboden bei einer Pflanze findet, wenn dieselbe in ihrer Produktion verändert und in ihren Funktionen bereits abgeschwächt ist. Hier werden Zustände eintreten, wie sie in den von Miyoshi ausgeführten Experimenten (s. vor. Abschnitt) ausschlaggebend wurden. Diese Gruppe führt die Bezeichnung „Schwächeparasiten“.

Namentlich in diese letztere Gruppe gehören die zahlreichen Arten, die in vielen Generationen auf abgestorbener organischer Substanz leben, also als Saprophyten angesprochen werden müssen und gegelegentlich parasitär werden (fakultative Parasiten). Hier ver-

wischt sich also die Grenze zwischen Parasitismus und Saprophytismus, und selbst bei denjenigen Gattungen, die zu den strengsten (obligaten) Parasiten gehören, wie z. B. bei den Brandarten, finden wir Entwicklungsphasen mit saprophyter Ernährung.

Wenn wir nun aber die Familien unserer strengsten Parasiten unter den Mycelpilzen, nämlich die Brand- und Rostarten genauer in Augenschein nehmen, so finden wir durch die neuesten Untersuchungen in vielfacher Bestätigung besonders eine Tatsache in den Vordergrund gerückt, nämlich die Abhängigkeit der Wachstumsenergie des Parasiten von seiner Nährpflanze. Wir haben Beispiele, welche zeigen, daſs derselbe Pilz auf einzelnen Arten derselben Nährpflanzengattung an demselben Standort bald üppig in zahlreichen groſsen Herden, bald spärlich in kleinen Formen auftritt, je nachdem die eine Art fleischigere Blätter und die andere derbere besitzt. Ja, die Roste sind derart von ihren Nährpflanzen abhängig, daſs sich biologische Rassen (*formae speciales*) bilden, die bei aller gestaltlichen Übereinstimmung doch insofern Unterschiede zeigen, als sie sich einer bestimmten Nährpflanze anpassen und selbst bei sorgfältiger Impfung auf der verwandten Nährpflanze nicht mehr oder nur in geringem Grade zur Entwicklung gelangen. So haben wir von unserm gewöhnlichen Getreide-Schwarzrost eine Spezialform für Roggen, eine solche für Weizen und eine solche für Hafer usw. Und die Mykologen hegen die Überzeugung, daſs diese Ausbildung zu einzelnen Rassen durch Gewöhnung an spezielle Nährpflanzengeschlechter eine weitverbreitete, fortdauernd mehr zutage tretende Erscheinung ist. Was bedeutet nun eine derartige Rassenbildung anders, als daſs die Parasiten mit ihren Ansprüchen äuſserst eng an die Beschaffenheit der Unterlagen gebunden sind und sich ferner binden? Wenn aber der strengste Parasit erwiesenermaſsen so abhängig von seiner Nährpflanze ist, dann sieht man, wie vollständig er mit den nicht-parasitären Pflanzen darin übereinstimmt, daſs er ganz bestimmte Ernährungsverhältnisse beansprucht, und daſs mit dem Wechsel dieser entweder der Parasit seinen Charakter ändert und sich anpaſst oder verschwindet.

Wie wir uns diese Anpassungserscheinungen etwa zu denken haben, deuten die Beobachtungen von STAHL[1]) bei Myxomyceten-Plasmodien an. Wenn in dem Kulturgefäſse das Wasser durch eine 1 bis 2 %ige Traubenzuckerlösung ersetzt wurde, starben bei plötzlicher Einwirkung die Plasmodien ab oder flohen die Zuckerlösung. Allmählich aber vertrugen sie diese, hatten sich also an eine konzentriertere Lösung gewöhnt (vielleicht durch einen gewissen Wasserverlust), und zwar derart, daſs sie, in reines Wasser zurückgebracht, nunmehr beträchtliche Schädigungen zeigten.

Über die Rassenbildung äuſsert sich PFEFFER[2]): „Die vorliegenden Erfahrungen . . . lassen erkennen, daſs die tropistische Sensibilität derselben Art von Bakterien, Flagellaten usw. je nach den vorausgegangenen Kulturbedingungen graduell verschieden ausfällt. So ist es zu verstehen, daſs man bei derselben Art, in der Natur und in künstlichen Kulturen, zuweilen eine sehr ansehnliche, zuweilen eine geringe oder verschwindende Reaktionsfähigkeit gegenüber einem bestimmten Tropisticum findet. Ja, es muſs nach anderweitigen Erfahrungen möglich

[1]) STAHL in Bot. Z. 1884, S. 163—66.

[2]) PFEFFER, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. Bd. II. S. 763. Leipig 1904.

erscheinen, daſs Rassen gezüchtet werden können, bei welchen eine zuvor vorhandene, bestimmte tropistische Sensibilität theilweise oder gänzlich verloren gegangen ist.“

Der Parasitismus ist nichts Auſsergewöhnliches, nicht etwa ein innerhalb der Kulturzeit neu aufgetretener Faktor. Er ist als eine mit der Entwicklung des organischen Lebens allmählich in die Erscheinung getretene und nun gegebene notwendige Ernährungsform zu betrachten, die als das Endglied einer Kette von Beziehungen anzusehen ist, welche sich bei der gegenseitigen Beeinflussung der Organismen herausgebildet hat.

Er ist das Endglied einer Kette, die mit denjenigen Organismen beginnt, welche die Fähigkeit haben, aus anorganischem Material durch die Arbeit des Lichtes organische Substanz zu bilden. Es schlieſsen sich daran die Gewächse mit geringerem Lichtbedürfnis, wie wir sie bei den sog. Humusbewohnern vorfinden, wo eine Beigabe von der schneller zersetzbaren organischen Substanz eine wesentliche Erleichterung des Ernährungsvorganges darstellt. Je mehr bei der wachsenden Zahl der Organismen der Kampf um das Licht an Bedeutung gewinnt, desto näherliegend wird die Ausbildung von Organismenreihen mit äuſserst schwachem Lichtbedürfnis und immer notwendiger werdendem Bedürfnis nach einem Ernährungsmodus, bei dem das Rohmaterial schon in der Form organischer, leichter zu bearbeitender Substanz geboten wird, wie wir es bei dem Saprophytismus vorfinden.

Wenn bei dem Kampf um das Licht bei der ständig im Laufe der Zeiten wachsenden Individuenzahl sich notwendigerweise auch der Kampf um den Raum ausbildet, so führt schlieſslich der Raummangel zu jenen Anpassungsformen der Pflanzenwelt, die nur anfangs oder überhaupt nicht mehr den Erdboden als Wohnstätte beanspruchen, sondern einen andern Organismus als Ansiedlungsherd sich ausersehen. Die unter solchen Verhältnissen sich ausbildenden gegenseitigen Beziehungen sind teils freundliche, teils feindliche, wie sie in der mutualistischen und antagonischen Symbiose zutage treten.

Unter den einen andern Organismus als Wohnstätte benutzenden Pflanzenarten sehen wir dann die verschiedensten Hilfsvorrichtungen zur Ermöglichung der Ernährung sich ausbilden. Vom Lichenismus aus gewinnt die Beihilfe des Rhizinen-Apparates immer gröſsere Bedeutung bis zur Ausbildung eines Mycels. Dieses begnügt sich entweder mit dem abgestorbenen bez. im Absterben begriffenen Rinden- oder Blattmaterial seines Wirtes oder kann seine Existenz nur fristen, wenn es mit Hilfe seiner ausgeschiedenen Enzyme die lebendige organische Substanz angreift und dann den Parasitismus in die Erscheinung ruft.

Aber bei allen diesen Beziehungen tritt das eine Grundgesetz zutage, daſs jeder Organismus an eine bestimmte Beschaffenheit seines Substrates gebunden ist. Das Substrat muſs eben die Fähigkeit haben, alle Ansprüche des Organismus betreffs seiner Existenz zu befriedigen; sonst kann er nicht gedeihen. Also auch alle die Organismen, welche wir als Parasiten zu bezeichnen pflegen, stellen ihre ganz bestimmten Ansprüche an einen Nährorganismus. Wie eng manchmal diese Ansprüche umgrenzt sind, zeigen uns gerade die Bakterien, bei denen bisweilen schon geringe Schwankungen in der Wärmezufuhr, in der Acidität des Nährstoffgemisches u. dgl. zum Ersetzen bestimmter Arten durch andere, angepaſstere führen.

Um nur einige neue Beispiele anzuführen, erwähnen wir die Untersuchungen von THOMAS MILBURN[1]), der sowohl Mycelpilze als auch Bakterien in Kultur nahm. Von ersteren fand er bei *Hypocrea rufa*, dafs eine Steigerung des osmotischen Druckes erst die Pigmentbildung in den Konidien und schliefslich auch die Konidienbildung überhaupt unterdrücke. Bei diesem Pilze ändert sich die Farbe der Konidien mit der Reaktion des Mediums. Bei saurer Reaktion werden grüne, bei alkalischer Reaktion gelbe Sporen gebildet. Gut ernährtes Mycel gibt im Dunkeln keine Fruktifikation, wohl aber zeigt sich bei schlechter Ernährung eine Konidienbildung. Die gelbe Farbe im Mycel von *Aspergillus niger* ist gegen Licht sehr empfindlich und wird binnen wenigen Stunden durch das Licht schwarz. Der auf Kartoffeln kultivierte *Bacillus ruber balticus*, der sog. „Kieler Bazillus" (s. BREUNIG, Untersuchungen des Trinkwassers der Stadt Kiel, 1888), der nach LAURENT auf gewissen Nährböden Säure, auf andern Alkali bildet, wird in seiner Farbstoffproduktion durch den Nährboden dahin beeinflufst, dafs er bei saurer Beschaffenheit violette, bei alkalischer Reaktion orangerote Farbe entwickelt.

Bei einer zweigbildenden streng aëroben Bakterie aus dem Sputum bei Pneumonia, *Bacillus Berestnewi*, beobachtete LEPESCHKIN[2]), dafs dieselbe sich auf stark alkalischem und stark saurem Boden entwickeln kann, aber das alkalische Substrat allmählich sauer macht. Bei Anwesenheit von Zucker (Dextrose) tritt unter Zerfall der Stäbchen in Oidien ein rosa Farbenton auf; bei Anwesenheit gröfserer Mengen stickstoffhaltiger Verbindungen (Asparagin, Lecithin, Peptone) färbt sich die Bakterienmasse orangegelb. Das Wachstumsoptimum liegt etwa bei 25° C. Schon bei 35° C. wächst die Bakterie sehr langsam, und bei 38° C. ist sie nicht mehr wachstumsfähig; bei 55° C. wird sie getötet.

Wenn also für die Parasiten sich eine deutlich zutage tretende Abhängigkeit von der Beschaffenheit des Nährbodens erweisen läfst, so ist natürlich das nächstliegende Erfordernis, dafs wir bei Bekämpfung derselben versuchen müssen, den günstigen Nährboden zu entziehen und in einen dem speziellen Parasiten ungünstigen zu verwandeln.

Da nun die Kulturpflanze durch die Tatsache, dafs sie in empfänglichen und widerstandsfähigeren Varietäten existiert, den Beweis liefert, dafs es eine Möglichkeit gibt, den durch die lebendige Pflanze dargestellten Nährboden zu ändern, so ist die Herstellung solcher widerstandsfähiger Individuen durch die Kultur die erste Pflicht unserer Bestrebungen betreffs Bekämpfung parasitärer Krankheiten. Sie ist wirksamer als die jetzt herrschende, aus einer engen Anschauungsweise hervorgegangene Methode der lokalen Bekämpfung oder Abhaltung der Parasiten, die höchstens für kleine Herde wirksam ausführbar, aber bei dem Betriebe im grofsen schon aus mechanischen Gründen undurchführbar ist.

Von den hier entwickelten Gesichtspunkten aus ist der Parasitismus keine solche Gefahr, als welche er jetzt hingestellt wird.

---

[1]) THOMAS MILBURN, Über Änderungen der Farben bei Pilzen und Bakterien. Centralbl. f. Bakteriologie usw. II. Abt. 1904. Bd. XIII. Nr. 9/11.

[2]) LEPESCHKIN, Zur Kenntnis der Erblichkeit bei den einzelnen Organismen usw. Centralbl. f. Bakteriologie usw. II. Abt. 1904. Bd. XII. Nr. 22/24.

Wenn der Parasitismus eine bestimmte, in der natürlichen Entwicklung der Lebewesen im Laufe der Zeiten notwendig gewordene Ernährungsform für gewisse Gruppen von Organismen ist, so mufs er im Haushalt der Natur sein Gleichgewichtsstadium haben. Es müssen Einrichtungen existieren, welche dem Parasitismus das Gegengewicht halten. Er mufs an seiner Wirksamkeit behindert werden können durch gleichzeitig wirksame Faktoren: denn sonst könnten die Nährorganismen überhaupt nicht mehr existieren. Dieses Gegengewicht liegt eben darin, dafs die Parasiten ganz bestimmte, häufig enggezogene Existenzgrenzen haben. Eine solche Grenze, die der Parasit unter normalen Verhältnissen nicht zu überschreiten vermag, ist derjenige Zustand eines Lebewesens, den wir als „gesund“ zu bezeichnen pflegen, ohne ihn bis jetzt präzisieren zu können. Denn da die Verteidiger der extremen Parasitentheorie auch solche Mikroorganismen als gefährliche Parasiten hingestellt haben, die allenthalben saprophytisch stets vorhanden sind, und die Wirtspflanzen in ihrer Gesamtheit bisher doch nicht erlegen sind, so müssen sie eben bei ihrer normalen, d. h. herkömmlichen, von Generation zu Generation sich gleichsinnig wiederholenden Entwicklung Schutzvorrichtungen besitzen. Als solche sehen wir kontinuierliche Wachs- und Korküberzüge, bestimmte Acidität des Zellinhalts u. dgl. auftreten.

Dafs wir jetzt mit unsern Anschauungen immer mehr Anhänger finden, beweisen die Angaben eines unserer bedeutendsten Parasitologen, des am Pasteurschen Institut tätigen Metschnikoff[1]). Er sagt, nachdem er eine Anzahl von Beispielen dafür angeführt hat, dafs das Zustandekommen der parasitären Krankheit durch zwei Ursachen, nämlich erstens den Parasiten und zweitens einen im Innern des Organismus gelegenen Empfänglichkeitszustand bedingt wird, folgendes (S. 7): „Sind diese innern Ursachen ohnmächtig, die Entwicklung der Krankheitserreger zu hemmen, so entsteht eine Krankheit; wenn sie aber dem Eindringen der Bakterien festen Widerstand leisten, so ist der betreffende Organismus geschützt und erweist sich so als immun.“ (S. 6): „Man kann nicht mehr der Ansicht sein, dafs jedesmal, wenn ein Krankheitserreger in einen für die betreffende Krankheit empfänglichen Organismus eindringt, die Gegenwart desselben unausbleiblich die spezifische Erkrankung hervorruft. Löffler's Entdeckung der Diphtheriebacillen im Rachen gesunder Kinder ist seitdem häufig bestätigt worden, und dennoch ist es unmöglich, an der ätiologischen Bedeutung dieses Bacillus für die Diphtherie zu zweifeln. Anderseits hat es sich gezeigt, dafs der Kochsche Vibrio, obwohl er der wahre Erreger der asiatischen Cholera ist, dennoch im Verdauungstractus gesunder Personen vorkommen kann.“

Der gesunde Organismus besitzt eben eine natürliche Immunität, und eine Störung derselben bildet die Bedingung für den parasitären Angriff.

5. Epidemien.

Wenn wir Endemie als eine Lokalseuche bezeichnen können, deren Zustandekommen an bestimmte, örtlich engbegrenzte Verhältnisse gebunden ist, so wird Epidemie eine Landesseuche genannt werden

---

[1]) Immunität bei Infektionskrankheiten von Elias Metschnikoff, Professor am Institut Pasteur zu Paris. Autorisierte Übersetzung von Dr. Julius Meyer. Jena, Gustav Fischer, 1902.

können. Der Ausdruck „Seuche“ deutet die Vielheit der erkrankten Individuen im Gegensatz zum vereinzelt auftretenden Krankheitsfall an. Epidemie kennzeichnet somit die Erscheinung, daſs gemeinsames Erkranken zahlreicher Individuen unter übereinstimmenden Formen über weite Länderstrecken Platz gegriffen hat.

Wenn eine Epidemie ausbricht, sind also Zustände vorhanden, welche den Organismus zahlreicher Individuen in seinen Funktionen so stark erschüttern, daſs er mit einem vorzeitigen Abschluſs seines Lebens bedroht ist oder schlieſslich diesem Abschluſs zugeführt wird. Die Erschütterung beruht auf äuſseren Ursachen. Wenn dieselben in Form parasitärer Organismen auftreten, so sind sie in ihrer Existenz, wie wir im vorhergehenden Kapitel gezeigt, abhängig von den ihre übermäſsige Vermehrung begünstigenden Wachstumsfaktoren, zu denen eine Lockerung der Immunität des Nährorganismus gehört.

Selbst bei der Annahme, daſs ein in den verseuchten Ländern nicht einheimischer Parasit durch Einwanderung die Epidemie hervorgerufen hätte, ändert dieser Umstand nichts an der Tatsache, daſs die vorhandenen Wachstumsfaktoren ausschlaggebend für das Zustandekommen der Epidemie sind. Denn es mag einwandern, was will, sei es Tier oder Mycelpilz oder Bakterie, so hat diese Einwanderung für das Zustandekommen einer Epidemie keine Bedeutung, wenn die Einwanderer keine Gelegenheit zu groſser Vermehrung und Ausbreitung finden. Wer erinnert sich beispielsweise nicht an die effektreichen Darstellungen über das Einschleppen des Koloradokäfers, als den Vernichter unseres Kartoffelbaues, über die massenhafte Einfuhr der San José-Schildlaus, der Vernichterin unserer Obstkulturen, u. dgl.? Eingeweihtere wissen auch, wie vielfach Einfuhrverbote und Desinfektionszwang bereits gefordert und teilweise erlangt worden sind zum Schutze gegen die Einschleppung parasitärer Pilze (White-rot des Weinstocks usw.).

Die Erfahrung hat gelehrt, daſs nicht etwa eine theoretisch erträumte, aber praktisch unmögliche vollständige Abtötung oder Fernhaltung derartiger Parasiten uns vor Epidemien bewahrt hat, sondern der Umstand, daſs die genannten Schädlinge nicht den entsprechenden klimatischen Boden für ihre Vermehrung fanden. Umgekehrt wolle man sich an die Reblausplage erinnern, die trotz aller menschenmöglichen Anstrengungen und Aufwendung vieler Millionen immer weiter sich ausbreitet. Die Reblaus findet eben in Europa genügend günstige Existenzbedingungen und trotzt deshalb solchen Bekämpfungsmitteln wie Grenzsperren, Desinfektion, Exstinktionsverfahren usw.

Man wird sich bei ruhiger Überlegung wohl allmählich klar darüber werden, daſs kleine und kleinste Lebewesen, die durch Gegenstände des Handels eingeführt werden oder gar durch Staub und Wind mit Leichtigkeit verbreitet werden können, tatsächlich wohl von engen, abgeschlossenen Räumen, aber nicht von freiliegenden, ausgedehnten Örtlichkeiten fernzuhalten sind, und daſs man richtiger verfährt, eine allseitige Verbreitungsmöglichkeit derartiger Organismen vorauszusetzen, aber erst dann eine wirkliche Gefahr anerkennt, wenn eine leichte Vermehrungsfähigkeit derselben nachgewiesen worden ist.

Wenn nun bei allen parasitären Einwanderungen nicht die Gegenwart des Parasiten, sondern die seine Ausbreitung begünstigenden Umstände ausschlaggebend für das Zustandekommen einer Epidemie sich

erweisen, dann ist auch die Änderung dieser Umstände das gebotene Bekämpfungsmittel.

Betreffs der Abhaltungs- und Vorbeugungsmaſsregeln aber gibt uns die Epidemie insofern besondere Fingerzeige, als sie durch ihr Auftreten über groſse Länderkomplexe alle die Faktoren als Ursachen ausschlieſst, die in den einzelnen verseuchten Landstrichen voneinander abweichen. Denn da trotz der Abweichungen solcher Faktoren, wie z. B. Lage, Bodenbeschaffenheit, Bewirtschaftungsmethode u. dgl., die Erkrankung groſse Individuengruppen ergreift, können diese Faktoren nicht die Ursache sein; vielmehr ist dieselbe in denjenigen Einflüssen zu suchen, die eben in den sämtlichen Ländern gleich sind, und das ist tatsächlich nur die Witterung.

Bei den endemischen Krankheiten dagegen pflegen meist Bodenverhältnisse ausschlaggebend zu wirken. Entweder sie sind als direkte Krankheitsursache zu betrachten, indem sie durch ungünstige chemische oder physikalische Eigenschaften die Funktionen der Pflanzen dauernd stören, oder sie wirken indirekt, die Vermehrung der Parasiten und ihre Angriffsstärke begünstigend, wobei sie in der Regel die Wachstumsenergie der Wirtspflanzen gleichzeitig herabdrücken. Das häufigste Vorkommen in dieser Richtung ist Bodennässe. Bei starker wasserhaltender Kraft dichter, schwerer Böden in ebener oder muldenartiger Lage pflegt Anhäufung von Wasser sich einzustellen, das keinen Abfluſs findet und Sauerstoffmangel mit Kohlensäureüberschuſs erzeugt. Die Pflanzen zeigen die Funktionsstörung durch Veränderung des Chlorophyllapparates an; die allmählich gelb werdenden Blätter bilden ein bequemes Ansiedlungsbett für gewisse Pilzgruppen.

Bei den Endemien und Epidemien deutet das gleichzeitige Erkranken groſser Mengen von Individuen auf ein längeres Stadium der Vorbereitung bis zum tatsächlichen Ausbruch der Seuche hin.

Denn nach unserer Auffassung aller Erscheinungen des Lebens als dynamische Vorgänge charakterisiert sich jede Erkrankung als die mittelbare oder unmittelbare Folge mechanischer Stöſse, welche die einzelnen Wachstumsfaktoren auf die Zusammensetzung und Funktionen der Substanz ausüben. Das Leben einer Zelle ist ein beständiger Kampf der in den labilen organischen Substanzverbindungen augenblicklich vorhandenen Schwingungsformen mit den Stöſsen, die die Wachstumsfaktoren unausgesetzt auf sie ausüben. Eine Änderung der Substanz und damit auch ihrer Funktion tritt sofort ein, wenn der Stoſs eines Wachstumfaktors so stark ist, daſs er die bisherige Schwingungsform zu ändern imstande ist.

Solange die Stöſse in ihrer Gesamtheit den Effekt haben, daſs sie die Entwicklung des Gesamtorganismus, des pflanzlichen Individuums, fördern, bleibt die Pflanze innerhalb der Breite der Gesundheit. Wird die Zelle oder der Zellenkomplex derart verändert, daſs schlieſslich der Gesamtaufbau leidet, erfolgt die Erkrankung.

Nun haben wir aber in der jederzeit durch Beispiele zu erhärtenden Tatsache der bevorzugten Erkrankung einzelner Kulturvarietäten unter gleichen Wachstumsverhältnissen mit andern den Beweis vor uns, daſs die organische Substanz den gleichen Stöſsen in den verschiedenen Individuen verschieden groſsen Widerstand entgegenzusetzen vermag. Dies würde heiſsen, daſs bei dem einen Individuum mehr Stöſse notwendig sind, damit es aus der Breite der Gesundheit herausgebracht

werde. Wenn nun bei der Epidemie stets grofse Individuenmengen plötzlich erkranken, so müssen sich unter diesen neben den besonders hinfälligen auch solche befinden, bei denen schon eine gröfsere Menge von Stöfsen, also eine längere Dauer der Einwirkung nötig ist, damit sie krank werden. Es mufs also bis zum Ausbruch der Epidemie eine längere Zeitdauer der krankheiterzeugenden Einflüsse, die wir in den Witterungsfaktoren erblicken, vorangegangen sein.

Somit ist nach unserer Auffassung jede Epidemie gleichsam die Explosion einer längere Zeit vorher langsam stattgefundenen Ladung. Ihre Ursache ist daher nicht oder doch nicht ausschliefslich in den augenblicklich vorhandenen Wachstumsfaktoren, sondern in der Häufung der schon längere Zeit vorher gleichsinnig wirksam gewesenen Stöfse zu suchen. Bei parasitären Epidemien ist das massenhafte Auftreten der Mikroorganismen durchaus nicht das erste Stadium der Erscheinung, sondern schon ein Schlufseffekt langer Vorbereitungen. Und diese Vorbereitungen bestanden einerseits in der allmählichen Herstellung der für die enorme Vermehrung günstigen Lebensbedingungen der Mikroorganismen, anderseits in der, wie wir glauben, damit stets verbundenen allmählichen Schwächung einiger und korrelativer Steigerung anderer Funktionen des Nährorganismus.

Wenn wir beispielsweise die bekannteste Pilzepidemie, die Krautfäule der Kartoffeln, ins Auge fassen, so lehrt die Beobachtung, dafs eine Periode warmer, trüber, schwüler Tage dem Ausbruch vorherzugehen pflegt. Der Pilz, *Phytophthora infestans*, ist stets vorhanden. Seine staunenswert schnelle Vermehrung aber kommt im Freien nur zustande, wenn reichliche Niederschläge und eine warme, unbewegte Luft die Entstehung und das Ausschlüpfen der Schwärmsporen fortgesetzt begünstigen. Eine derartige Witterung regt die Kartoffelpflanze sowie alle andern Gewächse zur Steigerung der Zuckerbildung, zu schnellerem Wachstum der Stengel und der erhöhten Produktion junger Blätter, d. h. zur Erzeugung eines besonders empfänglichen Mutterbodens für den Pilz an, der die altgewordenen Organe verschmäht. Daher sehen wir die Erkrankung ganzer Felder binnen wenigen Tagen.

Wir beobachten dagegen eine Phytophthora-Epidemie nicht, wenn dieselben Regenmengen in derselben Zeit bei kaltem Wetter fallen. Die Epidemie kommt auch nicht zustande, wenn bei hoher Wärme und bedecktem Himmel dauernd starke Winde wehen. Ein gleichartiges Verhalten zeigen die Rostepidemien des Getreides. Wie die Mehrzahl der Pilze lieben die Getreideroste die anhaltende Feuchtigkeit; aber wir haben keineswegs stets in feuchten Jahren Rostepidemien, obgleich es kaum ein Getreidefeld geben dürfte, auf dem nicht alljährlich der Rost vorhanden wäre. Die Epidemie bildet sich erst aus, wenn zur Zeit des Vorhandenseins jugendlicher Blätter Perioden warmer Tage mit häufigen, wenn auch an sich unerheblichen Regenfällen ein längeres Festhalten der Feuchtigkeit zwischen den Pflanzen ermöglichen. Kalte, nasse Sommer lassen keine Rostepidemien sich entwickeln. Ähnliches beobachten wir bei bakteriosen Epidemien.

Also Epidemien sind Krankheitsformen, die nur durch weitgreifende Faktoren gezeitigt werden. Nur bestimmte Witterungskombinationen von längerer Dauer sind als die einleitende Ursache zu betrachten. Natürlich wird die Intensität der Epidemie lokal variieren, weil örtliche Faktoren spezielle Begünstigungen schaffen werden. Daraus erklärt sich das Auftreten von Nestern, in denen die Seuche zuerst erscheint

und am spätesten verschwindet, falls nicht alle Individuen gemeinsam in kurzer Zeit abgetötet werden. Daraus erklärt sich ferner der Rückgang der Epidemie zur Endemie, d. h. zu engbegrenzten Krankheitsherden. Unter den durch tierische Parasiten hervorgerufenen Epidemien sind die durch Getreidefliegen veranlafsten bei uns die häufigsten. Sie pflegen zustande zu kommen, wenn nach günstigen Überwinterungsbedingungen für die vereinzelt in manchen Gegenden stets vorhandenen Getreidefliegen Perioden anhaltend warmer, trockner Witterung eintreten. Soweit statistische Angaben bis jetzt reichen, lassen sich bereits mehrfach bevorzugte Herde und Ausgangspunkte der seuchenartigen Ausbreitung feststellen. So erweist sich beispielsweise die Provinz Posen für Getreidefliegen als besonders günstiger Boden, von dem aus eine Epidemie nach Brandenburg, Pommern und Westpreufsen auszustrahlen pflegt. Der ganze Osten Deutschlands leidet mehr an Fliegenschäden als der Westen, Nordwesteuropa pflegt häufiger und intensiver von der Kartoffelfäule heimgesucht zu werden als der Südwesten und Südosten usw.

Nach den hier entwickelten Anschauungen mufs eine Behandlung der Epidemien durch die Bekämpfung der zutage tretenden Symptome die geringste Aussicht auf Erfolg bieten, weil diese Symptome eben nur Folgeerscheinungen von lange vorher liegenden Anfangsstadien sind. Wenn die Parasiten erst in ungeheurer Vermehrung vorhanden, erweist es sich vergeblich, nun die Mikroorganismen abtöten zu wollen, weil kein Insekticid oder Fungicid sie auch nur annähernd der Hauptmasse nach erreicht und noch weniger sie zum Absterben bringt. So wie die Seuchen sich durch allgemeine, im grofsen wirkende Faktoren einleiten, müssen sie durch grofse Mittel bekämpft werden, welche bei Parasiten die Existenzbedingungen unterbinden und die Konstitution, d. h. die Funktionsrichtung des Nährorganismus ändern. Wenn beispielsweise lange Nässeperioden die bakteriosen Kartoffelrotze, die wir als „Nafsfäule“ zusammenfassen, in epidemischer Ausbreitung auftreten lassen, kann ein anderes Mittel als gesteigerte Bodendurchlüftung kaum zur Anwendung gelangen. Soweit es sich um spezifische Anaërobien handelt, wird durch die erhöhte Sauerstoffzufuhr denselben der begünstigende Wachstumsfaktor (Sauerstoffmangel bei Kohlensäureüberschufs) entzogen und aufserdem ihnen sowie den andern Bakterien die Grundbedingung reichlicher Vermehrung, der Wasserreichtum, vermindert. In dieser Weise arbeitet auch die Natur im grofsen. Wenn nach den Regenperioden trocknes, windiges Wetter längere Zeit anhält, so dafs der Boden abtrocknet und eine reichliche Luftzirkulation sich einstellt, kommen die Rotzerkrankungen von selbst zum Stillstand. Die Empfehlung aller Mafsnahmen zur speziellen Beseitigung von Infektionsmaterial durch Entfernen rotziger Kartoffeln vom Acker oder tiefes Unterackern oder Verbrennen von pilzkrankem Stroh bei Getreideepidemien halten wir für Arbeiten, deren Erfolg bedeutungslos gegenüber den Wirkungen der veränderten Lebensbedingungen für die Parasiten sind. Die Menge des Ansteckungsmaterials kommt bei Erkrankungen weiter Gebiete gar nicht in Betracht, zumal bei Rotzkrankheiten Bodenbakterien mitwirken, die einen eisernen Bodenbestand bilden. Wenn atmosphärische Einflüsse sich in bestimmten Böden derart geltend machen, dafs gewisse Bakteriengruppen die Kartoffeln oder andere Feldfrüchte anzugreifen vermögen, ist die Zahl der ursprünglich vorhandenen Krankheitserreger fast bedeutungslos.

Die letztgenannten Beispiele betreffs parasitärer Epidemien durch solche Mikroorganismen, die im Boden oder der Luft als stets vorhanden anzunehmen sind, machen uns aber klar, wie geringe Aussicht auf Erfolg jeglicher Bekämpfung einer einmal ausgebrochenen Epidemie sich bietet. Ein gröfserer Schutz unserer Kulturen liegt in der vorbeugenden Methode. Ein solches prophylaktisches Verfahren bei Epidemien kann sich, abgesehen von der Ausbildung der allgemeinen Pflanzenhygiene, aber dadurch einleiten lassen, dafs wir eine Topographie der Seuchen, d. h. eine Zusammenstellung der Seuchenherde für jede einzelne Epidemie schaffen. In der Übereinstimmung gewisser Merkmale bei einer Anzahl von Seuchenherden zeichnen sich dann einzelne Faktoren als grundlegend für das Zustandekommen einer Epidemie besonders aus, wie z. B. die Trockenheit bei leichten Bodenarten als begünstigend für die Fliegenepidemie bei Getreide oder für die Herzfäule bei Zuckerrüben sich erweist usw. Nach Feststellung derartig gefährlicher Witterungs- und Bodenkombinationen für jede einzelne Epidemie wird man vorbeugend durch Kulturmafsnahmen eingreifen können, sobald die bedrohlichen Kombinationen einige Zeit anhalten. Direkt parasitentötende Mittel, wie Kupfervitriolbespritzungen oder Schwefelbestäubungen, werden nur dann epidemienhindernd wirken, wenn sie vorbeugend gebraucht werden.

6. Künstliche Immunisierung und innere Therapie.

Es ist naturgemäfs, dafs in der Phytopathologie sich derselbe Ideengang entwickelt wie in der Medizin, und demgemäfs nicht auffällig, dafs allmählich die Ansicht zutage tritt, die Pflanzen künstlich zu immunisieren, d. h. ihre Körperbeschaffenheit oder Säftemasse derart zu ändern, dafs die Parasiten nicht mehr den erforderlichen Nährboden zur Ansiedlung bezw. zu einer gröfseren Ausbreitung finden.

Es liegen bereits mehrere Arbeiten in dieser Richtung vor, bei denen teils, der Serumtherapie folgend, Immunisierungsstoffe von den Parasiten selbst abgeleitet zur Verwendung gelangten, teils Mineralsalze benutzt wurden. Zur ersteren Richtung gehören die Versuche von Beauverie[1]), der mit *Botrytis cinerea* experimentierte, und von Ray[2]), der die verschiedenartigsten Parasiten in Angriff nahm und zu dem Resultate gelangte, dafs die parasitären Organismen sich in künstlichen Kulturen durch das Nährmedium beeinflussen lassen. Dabei erweist sich ihre Virulenz stets geringer als unter natürlichen Verhältnissen. Durch Auslaugen der Kulturen lassen sich Flüssigkeiten gewinnen, die zur Immunisierung der Wirtspflanze des betreffenden Organismus verwendbar sind. Nun schliefst der Autor weiter: die infizierten Pflanzen bilden doch eigentlich auch Kulturen des betreffenden Parasiten; mithin müssen sich durch Zerreiben und Extrahieren der erkrankten Pflanzenteile Flüssigkeiten gewinnen lassen, die eine Wirkung ähnlich der des Parasiten selbst auszuüben imstande sein werden. Wenn man sie durch erhöhte Temperatur modifiziert, kann man sie zum Immunisieren verwenden.

---

[1]) Beauverie, J., Essai d'immunisation des végetaux contre les maladies cryptogamiques. Compt. rend. Paris 1901. II, S. 107.

[2]) Ray, J., Cultures et formes attenuées des maladies cryptogamiques. Compt. rend. Paris 1901. II, S. 307.

Als Vertreter der andern Richtung der Immunisierungsversuche ist besonders E. MARCHAL[1] zu nennen, der mit Mineralsubstanzen arbeitete, die teils zu den Nährstoffen gehören, teils als Gifte anzusprechen sind. Er säte Salat in SACHS'scher Nährlösung unter Zugabe pilztötender Stoffe aus. Die jungen Pflänzchen wurden nach Entwicklung der ersten zwei bis drei Blättchen mit Zookonidien von *Bremia Lactucae* infiziert und dann in feuchter Luft erhalten. Die nicht durch pilztötende Stoffe in der Nährstofflösung immunisierten Pflanzen wurden alsbald vom Pilze angegriffen. Von den verwendeten Salzen erwies sich eine Beigabe von drei bis vier Zehntausendsteln Kupfervitriol zur Nährlösung als deutlich resistenzerhöhend. Eine Beigabe von $^1/_{10000}$ Kupfervitriol zeigte keinerlei immunisierende Wirkung mehr. Mangansulfat wirkte weniger vollkommen, Eisenvitriol gar nicht. Auch Kalisalze (bis $^2/_{100}$) vermochten die Resistenz zu erhöhen, während Nitrate und merkwürdigerweise auch Phosphate sie verminderten.

Die Idee, durch Änderung des Zellsaftes mittels Zufuhr fremder Substanzen die Empfänglichkeit des Individuums gegen pflanzliche Parasiten zu vermindern, wurde auch von Zoologen aufgegriffen, die von der Erfahrung ausgingen, dafs parasitäre Tiere, z. B. Schildläuse, namentlich gern geschwächte Pflanzen aufsuchen.

Nunmehr war auch der Gedanke nahegelegt, allgemeine Schwächezustände bei Konstitutionskrankheiten sowie Empfänglichkeitszustände parasitären Angriffen gegenüber dadurch zu heilen, dafs man Salze bestimmter Art dem Pflanzenkörper extra-radical zuführte. Diese nicht durch die Wurzeln besorgte Stoffaufnahme wurde „innere Therapie“ genannt und methodisch ausgebildet.

Im Jahre 1894 veröffentlichte J. SCHEWYRJOV[2]) einen Artikel: „Über die Durchtränkung des Holzes lebender Bäume mit Farbstofflösungen“ und beschrieb dabei die von ihm dazu konstruierten Apparate, die wir hier als Nährröhre und Nährwanne bezeichnen. Die Röhre ist von Stahl, an einem Ende zugespitzt und wird mit diesem Ende in die Rinde eingetrieben, während das andere Ende derselben mittels eines Korkes verschlossen wird, durch dessen Mitte ein Bohrer hindurchgeht. Die Röhre wird durch besondere Öffnungen mittels eines Schlauches aus einem gröfseren Behälter mit der Versuchsflüssigkeit gefüllt. Hierauf wird der Bohrer langsam bis zu der gewünschten Tiefe in das Holz eingeführt, wobei in den so gebildeten Kanal unmittelbar nach dem Bohrer Flüssigkeit (nicht aber Luft) eintreten kann. Der Verfasser, der auch noch andere Apparate konstruiert hat, erwähnt hierbei die Versuche HARTIG's, die den Nachteil hatten, dafs Luft in die Wunde eintreten konnte. Er führt sodann Versuche an, die 1895, 1896 und 1901 in der Krim von Gartenbesitzern zur Heilung der Chlorose ausgeführt worden sind.

Später veröffentlichte MOKRZECKI[3]) eine Anzahl nach derselben Methode ausgeführter, gelungener Versuche der Heilung der Chlorose an Obstbäumen, wobei er auch hervorhebt, dafs die Schildläuse von den geheilten Zweigen verschwunden wären. Er sowohl wie SCHEWYRJOV

---

[1]) MARCHAL, E., De l'immunisation de la laitue contre le meunier. Compt. rend. 1902. CXXXV, S. 1067.

[2]) IWAN SCHEWYRJOV, Berichtigung usw. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten. 1904. S. 70.

[3]) MOKRZECKI, S. A., Über die innere Therapie der Pflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten. 1903. S. 257.

setzen grofse Hoffnungen auf dieses Verfahren nicht nur betreffs der Hebung konstitutioneller Ernährungsstörungen, sondern auch bezüglich der Vertreibung parasitärer Organismen.

Ich persönlich stehe der Frage kühler gegenüber und meine, dafs die Wirksamkeit der Methode eine sehr beschränkte sein wird. Nach meinen mit Giften ausgeführten Versuchen der Einführung von Lösungen in den Stamm bleibt die Wirkung immer lokal und strahlt von der Einführungsstelle im besten Falle auf eine Anzahl Äste und eine gröfsere Stammstrecke hin allmählich aus. Die durch die Wurzelernährung bedingte Konstitution der Pflanze wird dadurch nicht verändert. Ich sah bei meinen Versuchen mit Oxalsäure das Entstehen von Gummiflufs an Kirschbäumen bei einer Anzahl von Ästen, die zum Teil später abstarben; aber im folgenden Jahre ging die Gummose nicht weiter, und die Bäume produzierten fernerhin wieder gesunde Triebe. Ebenso wie diese giftige Lösung wird auch jede Nährstoffmischung oder ein Heilserum auf enge Grenzen beschränkt bleiben und im besten Falle einen vorübergehenden guten Einflufs ausüben; aber die physiologische Arbeitsrichtung der ganzen Pflanze wird nicht dauernd verändert werden können.

7. Prädisposition.

Als „Prädisposition" bezeichnen wir diejenigen Zustände, welche gewisse Individuen leichter und schneller einer Krankheitsursache zugänglich machen als andere Individuen derselben Art.

Dafs derartige Fälle existieren, ja sogar die Regel bilden, beweisen die täglichen Erfahrungen bei dem Massenanbau einer Kulturpflanze. Diese Erfahrungen haben im Sprachgebrauch bereits ihren Ausdruck gefunden, da wir von zarten und harten Varietäten und von verzärtelten Individuen sprechen. Die Beobachtungen zeigen, dafs nicht nur die verschiedenen Kulturvarietäten derselben Pflanzenart, sondern auch die einzelnen Individuen derselben Varietät sowohl den Witterungsextremen, wie z. B. Kälte und Hitze, als auch parasitären Angriffen gegenüber eine verschieden grofse Widerstandskraft besitzen. In letzterer Beziehung genügt der Hinweis, dafs die Praktiker und ebenso auch die wissenschaftlichen Forscher jetzt die Forderung aufstellen, widerstandsfähigere Varietäten zu züchten.

In welcher Weise eine gröfsere individuelle Geneigtheit, einem parasitären Angriff zu erliegen, zustande kommt, darüber sind wir vorläufig nur in der Lage, die Richtung anzudeuten. Wir haben in den vorigen Abschnitten bereits der Untersuchungen gedacht, welche zeigen, wie für bestimmte Mycelpilze einzelne Stoffgruppen, die in der Pflanzenzelle produziert werden, wie z. B. Zucker, in gewisser Konzentration anlockend, in anderer repulsiv wirken. Die Menge dieser Stoffgruppen wird von den verschiedensten Faktoren bestimmt, wie wir im nächsten Kapitel noch eingehender zeigen wollen. Je nachdem nun die Quantität derartiger Stoffwechselprodukte grofs oder klein ist, wird sie für die Ernährung eines Parasiten sich begünstigend, im andern Falle aber ungeeignet erweisen.

Um in dieser Beziehung wenigstens ein Beispiel hier anzuführen, verweisen wir auf die Untersuchungen von Viala und Pacottet[1])

---

[1]) Viala, P., et Pacottet, Sur la culture du black-rot. Compt. rend. Paris 1904. T. CXXXVIII, S. 306.

über die Blackrot-Krankheit des Weinstocks. Die mit dem die Krankheit erzeugenden Pilze *Guignardia Bidwellii* unternommenen Kulturen stellten fest, dafs die Entwicklung des Pilzes in erster Linie vom Gehalte des Nährsubstrats an Zucker und organischen Säuren abhängig ist. Nur junge Blätter wurden infiziert; sie enthielten 1,75 % Weinsäure und 4,3 % Glukose, während die alten Blätter nur Spuren der genannten Stoffe erkennen liefsen. Die Beeren waren von der Zeit an empfänglich, wo sie zu schwellen begannen, und diese Empfänglichkeit hielt bis zum Beginn des Reifestadiums an. Während dieser Zeit besafsen sie 32 bis 24 % Säure und 11 bis 56 % Zucker. Während der Reife sinkt der Säuregehalt auf 9 bis 2 %, der Zuckergehalt steigt aber dabei so bedeutend, dafs nunmehr der Pilz die Beeren nicht anzugreifen vermag. Mit dem Weifsfäulepilz verhält es sich dagegen gerade umgekehrt. Aus diesem Verhalten erklärt sich die auffällig verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen Rebsorten. Ebenso erklärt sich der Umstand, dafs Blackrot-Epidemien im Sommer nach Kälteperioden mit nachfolgenden leichten Regenfällen aufzutreten pflegen. In dieser Zeit ist nämlich der Säuregehalt besonders grofs und die Zuckerbildung gering.

Ähnliche Schwankungen in der Konzentration des Zellsaftes bilden im Verein mit den Lockerungserscheinungen der Membranen, den wechselnden Spannungsvorgängen in den Geweben und andern mechanischen Veränderungen auch die Zustände gröfserer Empfindlichkeit der Pflanzen gegen Witterungsextreme; und die neuere Forschung ist bemüht, immer mehr makro- und mikroskopische Merkmale aufzufinden, welche die Stadien gröfserer Hinfälligkeit auch schädlichen parasitären Angriffen gegenüber charakterisieren.

Die in dem vorliegenden Beispiele geschilderten Zustände der gesteigerten Neigung des Weinstocks, dem Blackrot-Pilze zugänglich zu sein, sind ganz normale Entwicklungsphasen, die von der Witterung beeinflufst werden, und wir dürfen daher solche Zustände als normale Prädisposition ansprechen. Dieser gegenüber wäre als abnorme Prädisposition der Fall zu unterscheiden, bei welchem die Pflanze oder ein Organ derselben durch andere Einflüsse bereits in einen Zustand der Schwäche oder des Siechtums geraten ist, und in dieser Verfassung erst einer Krankheitsursache die gewünschte Angriffsfläche bietet. Als Beispiel erinnern wir an die Besiedlung honigtaukranker Blätter durch die Schwärzepilze, an die Angriffe der sog. Schwächeparasiten und die Einwanderung holzzerstörender Schwämme von Wundflächen aus.

8. Prädisposition und Immunität.

Wir haben in einem früheren Kapitel bereits hervorgehoben, dafs unsere Anschauungen über das Zustandekommen parasitärer Erkrankungen eine Unterstützung von berufenster Seite erfahren haben. Metschnikoff [1]), der als Professor am Pasteur'schen Institut für Infektionskrankheiten wohl unbestritten als genauer Kenner der pathogenen Mikroorganismen anzusehen ist, äufsert sich folgendermafsen: „. . . . Exakte bakteriologische Untersuchungen haben zu dem Resultat geführt, dafs innerhalb der reichen Bakterienflora, welche der gesunde Mensch be-

---

1) Metschnikoff, Immunität bei Infektionskrankheiten. Jena 1902. S. 6.

herbergt, sich auch oft die Vertreter der pathogenen Bakterienarten finden. Abgesehen von dem Diphtheriebacillus und dem Choleravibrio, welche ja so häufig vollvirulent bei ganz gesunden Menschen nachgewiesen worden sind, hat es sich gezeigt, dafs gewisse pathogene Mikroorganismen, der Pneumokokkus, die Staphylokokken, Streptokokken und Colibacillen, sich regelmäfsig oder fast stets in der Mikrobenflora des gesunden Menschen vorfinden.

Diese Entdeckung hat mit Notwendigkeit zu der Folgerung führen müssen, dafs aufser dem Krankheitserreger noch eine zweite Ursache für die Infektionskrankheiten besteht, nämlich die Disposition oder der Mangel an Immunität. Ein Individuum, welches eine der genannten pathogenen Bakterienarten beherbergt, bethätigt gegenüber denselben eine dauernde oder vorübergehende Widerstandsfähigkeit. Aber sobald die Ursache dieser Immunität schwindet, ergreift der Krankheitserreger die Oberhand und ruft die spezifische Erkrankung hervor."

Betreffs der Immunität der Pflanzen erinnert METSCHNIKOFF an die von uns bereits erwähnten Untersuchungen von DE BARY[1]) über *Botrytis*, deren Mycel die Zellwände zu durchbohren imstande ist, weil es eine Flüssigkeit absondert, „welche ein verdauendes Ferment und die für dies Ferment notwendige Oxalsäure enthält. Das Vorhandensein dieser Art von Toxin konnte DE BARY in der Mazeration des Mycels der *Sclerotinia* nachweisen .... Erhitzt man den Saft auf 52°, so vermag er die Cellulosemembranen nicht mehr zu verdauen, ist jedoch noch imstande, Plasmolyse hervorzurufen .... Die Resultate von DE BARY's Untersuchungen sind durch LAURENT[2]) bestätigt und zum Theil vervollständigt worden."

Wir haben diese Tatsachen mit den Worten METSCHNIKOFFS wiedergegeben, um dessen Anschauungsweise zu charakterisieren. Der hier in Betracht kommende Hauptfaktor, nämlich die Wirksamkeit des Fermentes gegen jugendliche, seine Unwirksamkeit gegen alte Membranen, gibt dem Verfasser Veranlassung zu dem Vergleich der Botrytis-Erkrankungen mit den Kinderkrankheiten bei Menschen (Masern, Scharlach). Ähnlich den Membranveränderungen bei dem Altern der Zellen wirken in andern Fällen die verschiedenen Verkorkungs- und Korkbildungsprozesse, wie sie beispielsweise bei Wunden gefunden werden. Betreffs dieser hebt METSCHNIKOFF, gestützt auf Untersuchungen von MASSART[3]), hervor, dafs die Organe je nach ihrem Alter verschieden auf den traumatischen Reiz antworten. Junge Blätter von *Clivia* z. B. reagieren durch Callusbildung, ältere mit einfachem Wundschlufs durch eine Korklage. Weitere Schutzmittel bilden Öle, Harze, Balsame, Milchsäfte und Gummiharze, die bei Verwundungen austreten.

Eingehend behandelt der Verfasser die Studien von LAURENT[4]), welche im zweiten Teile dieses Werkes bei den Bakterien sich wieder erwähnt finden. An dieser Stelle wollen wir aber die Immunitätsvorrichtungen gegen bakterielle Angriffe besonders betonen Die Art des Colibacillus, mit der LAURENT arbeitete, scheidet ein die Cellulose der Kartoffelknollen lösendes Ferment aus und produziert anderseits

---

[1]) DE BARY, Bot. Zeit. 1866.

[2]) LAURENT, Annal. de l'Institut PASTEUR. Bd. XIII, S. 44.

[3]) MASSART, La cicatrisation chez les plantes. Brüssel 1897.

[4]) LAURENT, Recherches expérimentales sur les maladies des plantes. Annal. de l'Inst. PASTEUR. Cit. Zeitschr. f. Pflanzenkr., 1900. S. 29.

einen alkalisch reagierenden Saft, dessen Anwesenheit zum Zustandekommen der Verdauung seitens der Bakterien nötig ist. Nun ist zwar *Bacillus coli communis* von Natur aus kein Pflanzenparasit; er läfst sich aber in einen solchen verwandeln. Dies geschieht, indem man ihn zuerst auf Kartoffeln kultiviert, deren Widerstandskraft durch Eintauchen in alkalische Lösungen geschwächt ist, und ihn dann auf dieselbe Kartoffelsorte überträgt. Der Kampf zwischen Colibacillus und Kartoffel beruht also eigentlich auf der chemischen Wirkung der alkalischen Sekrete des ersteren gegen den sauren Zellsaft der Kartoffel. Nach einer Düngung mit Kalisalzen und Phosphaten widerstanden Möhren und Kartoffeln dem Bacillus. Dagegen zeigte eine Phosphatdüngung bei Topinambur, dafs diese nun empfindlicher gegen einen Mycelpilz, die Botrytisform der *Sclerotinia Libertinia*, wurde.

Ebenso deutlich zeigt sich der Einflufs starker Stickstoffdüngung in einer Verminderung der Widerstandsfähigkeit der Kartoffeln nach unsern Beobachtungen gegenüber der Nafsfäule. Reichliche Düngung mit Nitraten, Ammoniaksalzen oder Stallmist läfst selbst die widerstandsfähigsten Sorten der Kartoffelfäule erliegen. Laurent erklärt sich das verschiedenartige Verhalten der Parasiten gegenüber derselben Düngung dadurch, dafs bei den Bakterien das ausgeschiedene Ferment die Zellmembran nur in alkalischen oder schwachsauren Säften anzugreifen vermag. Eine gesteigerte Acidität des Zellsaftes, wie solche durch die Bildung saurer Salze infolge der Phosphatdüngung angeregt wird, macht die Pflanze diesen Spaltpilzen gegenüber nun immun. Dieselben Ergebnisse betreffs der schützenden Wirkung der Phosphorsäure erhielt ich bei Düngungsversuchen mit Zuckerrüben, bei denen *Bacillus Betae* stark verbreitet war und die bakteriose Gummosis oder Schwanzfäule hervorrief. Das Überhandnehmen der Bakteriosen bei reichlicher Anwendung von stickstoffhaltigen Düngemitteln liefse sich in der Weise erklären, dafs die Acidität des Zellsaftes dadurch verringert wird. Für die Sclerotinia liegen die Verhältnisse (nach de Bary) gerade umgekehrt. Das Ferment derselben verdaut die Zellmembran nur in saurer Flüssigkeit. Ähnlich dürften sich die meisten Mycelpilze verhalten.

Wenn im vorliegenden Beispiel in der wechselnden Beschaffenheit des Zellsaftes bald ein Immunitätsfaktor, bald ein zu parasitärer Erkrankung disponierender Umstand uns entgegentritt, so werden wir durch Metschnikoff (a. a. O. S. 30) auf einen weiteren Vorgang hingewiesen. Er citiert die Untersuchungen von van Rysselberghe[1]), der namentlich bei Epidermiszellen von *Tradescantia* fand, dafs dieselben, in eine konzentriertere als die bisher gewohnte Lösung gebracht, eine Steigerung des intracellularen Druckes zeigen; bei dem umgekehrt angestellten Versuch nimmt der Druck ab. Diese Veränderungen des osmotischen Druckes werden durch die Verschiedenheit der Konzentration des Zellsaftes verursacht, und diese ist wiederum als die Folge chemischer Veränderungen anzusehen. Kommt die Zelle mit einer zu hoch konzentrierten Lösung in Berührung, so bildet sie Oxalsäure, welche stark osmotisch wirkt. Im normalen Safte wies van Rysselberghe bei *Tradescantia* Apfelsäure und nur in seltenen Fällen Spuren von Oxalsäure nach. Nach mehrtägigem Liegen des Pflanzenteils in stark konzentrierter Rohrzuckerlösung fand sich Oxal-

[1]) Osmotische Reaktion der Pflanzenzellen. Mémoires couronnés de l'Academie r. d. Belgique. Brüssel 1899.

säure in deutlich wägbaren Mengen. Demnach paſst sich die Pflanze der höhern Konzentration ihres Mediums an und produziert Oxalsäure, um den Druck des Zellsaftes zu steigern. Vermutlich hat sich die Säure auf Kosten des Traubenzuckers gebildet. Der gesteigerte Säuregehalt wird als Schutzmittel gegen bakterielle Angriffe wirken; er wird seitens mehrerer Forscher auch als Abwehrmittel gegenüber den Angriffen von Schnecken und Blattläusen gedeutet.

Sehr bedeutsam erscheinen uns die Versuche mit *Tradescantia* in umgekehrter Richtung. Wenn man Gewebe dieser Pflanze aus einer hochkonzentrierten Lösung in eine stark verdünnte brachte, so wurden im Zellsaft Niederschläge von Kalkoxalatkristallen beobachtet, wodurch eine Verminderung des osmotischen Druckes eingeleitet wurde. Bei dem Zurückbringen des Pflanzenteils in eine stärkere Lösung sah man infolge erneuter Säurebildung die Oxalatkristalle sich wiederum lösen. Ich sah bei dem Austreiben der Kartoffelknollen einen Teil des Kalkoxalatsandes verschwinden, was wohl auch der gesteigerten Säurebildung zugeschrieben werden darf.

Diese Selbstregulierung des Säuregehaltes behandelt auch Pfeffer[1]), indem er darauf aufmerksam macht, daſs durch die an Basen gebundenen organischen Säuren doch vielfach der Turgor erzeugt wird. Da sich derselbe während und nach dem Wachstum konstant erhält, muſs mit der Volumzunahme der Zelle und der dadurch erzielten Verdünnung des Zellsaftes die Säurebildung in entsprechendem Maſse beschleunigt werden. Jede auſsergewöhnliche Turgorsteigerung, wie z. B. bei dem Arbeiten gegen Widerstände, wird dementsprechend eine Vermehrung der Säureproduktion in sich schlieſsen. Umgekehrt ist z. B. bei Crassulaceen eine Verminderung des Säuregehaltes bei Temperaturerhöhung und durch die Beleuchtung nachgewiesen worden. Gleichsinnig mit diesen Resultaten sind die von Charabot und Hebert[2]) erlangten. Im Schatten wuchs die Menge der zusammengesetzten organischen Säuren sehr wesentlich. Auch die freien flüchtigen Säuren erfahren eine Steigerung. Der Gehalt an diesen ist in etiolierten Pflanzen gröſser als in andern. Die Unterdrückung der Inflorescenzen vermehrt ihn in den Blättern auf Kosten der andern Organe.

Für unsere Betrachtungen über die Prädisposition und Immunität haben wir als Beispiel auſser dem Säuregehalt noch den Zuckergehalt herbeigezogen. Welchen Schwankungen derselbe schon durch den Temperaturwechsel ausgesetzt ist, geht am besten aus den von Pfeffer (Physiologie I, S. 514) citierten Untersuchungen von Fischer[3]) hervor. Bei den sogenannten Stärkebäumen, wie Linde und Birke, sieht man bei dem Überführen von Zweigen im Winter aus dem Freien in das warme Zimmer, daſs sich binnen wenigen Stunden in der Rinde Stärke bildet, aus der in der Kälte wieder Zucker entsteht. Durch den Wechsel der Temperatur läſst sich diese Umwandlung wiederholt herbeiführen. Und eine derartige Zuckerbildung scheint bei vielen Pflanzen durch Temperaturerniedrigung einzutreten. Wenn nun durch irgendwelche Ursachen der aus der Stärke gebildete Zucker aus einem Organ abgeführt wird, kann das gesamte Gewebe verarmen. Einen Beweis da-

[1]) Pflanzenphysiologie, II. Aufl., I. Bd. S. 487.

[2]) Charabot, Eug., et Hébert, Recherches sur l'acidité végétale. Compt. rend. hebd. 1904. CXXXVIII, 1714.

[3]) A. Fischer, Jahrb. f. wiss. Bot. 1891, Bd. 22.

für liefert PFEFFER durch die in seinem Institut ausgeführten Versuche von HANSTEEN[1]) und PURIEWITSCH[2]). Es gelang nämlich, durch dauernde Entführung des diosmierenden Zuckers die isolierten Endosperme von Gräsern sowie die abgetrennten Kotyledonen von *Phaseolus* usw. zur Entleerung der Stärke, die einzelne Zwiebelschuppe von *Allium Cepa* zur Abgabe der Glykose zu bringen. Wenn nur wenig Wasser vorhanden war, in das der Zucker aus den Organen übergehen konnte, trat alsbald Stillstand in der Entleerung ein, weil schon eine zwei- bis dreiprozentige Zuckerlösung die Stärkeumwandlung sistiert. Es mufs also viel Wasser vorhanden sein oder sonstige Ableitung sich bieten, wenn die Entleerung vollständig sein soll. Wurde die Zuckerlösung noch konzentrierter den Organen dargeboten, konnte umgekehrt eine Wiederanfüllung derselben mit Stärke festgestellt werden.

Diese Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, wie im Pflanzenleibe sämtliche Stoffwechselvorgänge und infolge derselben sämtliche Aufbauprozesse beständigen quantitativen Änderungen unterliegen, die von dem ersten Angriffspunkte eines die Änderung veranlassenden Faktors nach allen Seiten hin ausstrahlen. Jede lokal auftretende Änderung ist eine Störung des bisherigen Gleichgewichtszustandes in der molekularen Lagerung. Wenn die Störung sich in einer Zelle vollzieht, mufs sie, soweit diffusible Stoffe in Betracht kommen, in die Nachbarschaft sich fortpflanzen, wie alle dynamischen Vorgänge.

Jeder Ort, an dem ein Neubau sich vollzieht, ist ein Verbrauchszentrum; die Stoffzufuhr nach dem Neubau führt zur Entleerung anderer Örtlichkeiten. Jede lokale Steigerung in der Photosynthese übt ihre Wirkung auf die zunächst unbeteiligte Umgebung aus. – Und nun wirken ununterbrochen die einzelnen Wachstumsfaktoren auf den Pflanzenleib ein und stören die augenblickliche Gleichgewichtslage bald in dieser, bald in jener Richtung. Wir haben also ein fortwährendes Hin- und Herfluten aller Lebensvorgänge vor uns, das noch verstärkt wird durch die eigne Reaktionsfähigkeit des Individuums. Denn wir dürfen nicht vergessen, dafs zur Herstellung des gestörten Gleichgewichts der Organismus bemüht sein wird, seine Produktion an einzelnen Stoffen zu steigern. Wenn z. B. eine durch die Ernährung bedingte Vermehrung basischer Verbindungen sich einstellt, wird ein erhöhter Säuregehalt herbeigeführt werden müssen und umgekehrt. Und innerhalb dieser notwendig sich ergebenden fortdauernden Schwankungen liegen die Zustände, die wir als normale Prädisposition bezeichnen. Dabei kann derselbe Zustand, der ein Hinfälligkeitsstadium einer bestimmten Krankheitsursache gegenüber darstellt, einer andern Erkrankungsursache gegenüber sich als Immunitätsstadium betätigen. Beweise dafür bieten die angeführten Beispiele einer Hyperacidität des Zellsaftes, die immunisierend gegenüber gewissen Bakterienangriffen und prädisponierend für Mycelpilze sich erwiesen hat. In dem vermehrten Zuckergehalt, verbunden mit dem turgorsteigernden Einflufs der Säure, erkennen wir einen prädisponierenden Zustand für Frostbeschädigungen und anderseits ein Vorbaumittel gegen die störenden Einwirkungen der Trockenheit usw.

Wir haben also in der ganz natürlichen Entwicklung des Organismus fortwährend Prädispositions- und Immunitätszustände vor uns. Die-

[1]) HANSTEEN, Flora, 1894. Ergänzungsband.
[2]) PURIEWITSCH, Ber. d. Deutsch. bot. Ges., 1896. S. 207.

selben sind in jedem Individuum in verschiedenem Grade vorhanden, da jeder Organismus spezielle Ernährungsverhältnisse hat und dieselben Wachstumsfaktoren verschieden verwertet. Daraus erklärt sich die Erscheinung, dafs einzelne Individuen mitten in einer Gesamtheit derselben Art erkranken oder umgekehrt mitten in einem Erkrankungszentrum gesund bleiben [1]).

9. Erblichkeit der Krankheiten und der Prädisposition.

In den letzten vier Jahrzehnten sind von einer gröfseren Anzahl bedeutender Forscher weitere Versuche gemacht worden, das Wesen der Erblichkeit theoretisch zu erklären. Man hat dabei als Träger der Vererbungsfähigkeit die jugendlichsten Zustände, das „embryonale Plasma", besonders ins Auge gefafst, und zum Teil in den Zellkernen eine Substanz gesucht, welche als bevorzugter Träger der Vererbungsfähigkeit anzusprechen wäre.

Die erwähnten Hypothesen der Biologen wurden besonders zur Erklärung der Wiederholung der Gestaltungsvorgänge in den aufeinanderfolgenden Generationen der Organismen aufgestellt. Wir erinnern nur an die DARWIN'schen „Gemmulae", an die „Plastidulen" von HAECKEL, an das „Keimplasma" von WEISMANN, an ein Ahnenplasma, an das Idioplasma von NÄGELI, an die Pangene von DE VRIES usw.

Nach unserer Auffassung bedarf es zur Erklärung des Erblichkeitsvorganges weder einer besondern Lokalität, wie etwa der embryonalen Zellen, noch einer besondern Keim- oder Erbmasse oder eines Ahnenplasmas; denn die Erblichkeit ist ein „mechanisches Mufs", eine notwendige, überall vorhandene mechanische Folge der Struktur der organischen Substanz.

Sobald man die organische Substanz ebenso wie die anorganische als eine Atomvereinigung betrachtet, die ihren Charakter, also ihre spezifischen Eigentümlichkeiten dadurch erhält, dafs die Atome in den Molekülen in verschiedenartiger Lagerung und Schwingungsform sich

---

[1]) Die jetzt herrschende Parasitentheorie bleibt entweder eine Erklärung dieser Tatsachen schuldig oder beschränkt sich auf die Giftfestigkeit. Die verschiedene Widerstandsfähigkeit den Witterungsextremen und andern nichtparasitären Einflüssen gegenüber bleibt unberücksichtigt. So erwähnt ALFRED FISCHER*): „Freilich kommen individuelle Schwankungen genug vor, auch beim Menschen; eine persönliche Immunität unerklärlicher Art, die zum Teil unter den Begriff der Disposition fällt, scheint zu bestehen. Auch mit dem Alter ändert sich die natürliche Immunität, wie die Kinderkrankheiten zeigen. Ob diese selbst nicht als Immunisierungskrankheiten, die den jungen Erdenbürger für das bakterienumgebene Dasein vorbereiten und festigen sollen, aufzufassen wären, mag unerörtert bleiben."

Dagegen erklärt ALFRED WOLFF**): „Im wesentlichen geht die natürliche Widerstandsfähigkeit gegenüber Toxinen proportional der Fähigkeit der Organe, die Giftmoleküle an sich zu ketten und an der Einwirkung auf das Gehirn zu verhindern. Zwischen den scheinbar so diametral entgegengesetzten Phänomenen der angebornen Unempfindlichkeit und der hochgradigsten Empfänglichkeit einzelner Tierkörper bestehen somit nur quantitative, keine qualitativen Differenzen; diese beruhen allein in der verschiedenen Fähigkeit der Organe der einzelnen Tierspezies, Toxine zu binden und eventuell zu neutralisieren."

---

*) A. FISCHER, Vorlesungen über Bakterien. II. Aufl. S. 347. Jena, Gustav Fischer. 1903.

**) ALFRED WOLFF, Über Grundgesetze der Immunität. Centralbl. f. Bakteriologie, Parasitenkunde usw. I. Abt. Originale. Bd. XXXVII. Heft 3. S. 701. 1904.

vorfinden, dann stellt alle Substanz den Gleichgewichtszustand bestimmter Bewegungsformen dar. Wenn man auch nicht die unzähligen Kombinationen der molekularen Schwingungen präzisieren und nicht die aus den verschiedenen Lagerungsverhältnissen sich ergebenden Spannungen und anderweitigen mechanischen Folgen konstruieren kann, so darf man doch jeden organischen Aufbau als die Folge einer Summe ganz bestimmter, einander bedingender Kombinationen molekularer Bewegungen bezeichnen.

Demgemäſs ist das Plasma einer Birne zwar ein Plasma, dessen einzelne Micellen die molekularen Schwingungsformen der plasmatischen Substanz im allgemeinen aufweisen, aber doch spezifische Schwingungs- und Lagerungsverhältnisse besitzen, welche sie von den gleichsituierten Micellen des Apfelplasmas unterscheiden. Also in jedem kleinsten Teilchen, in jedem Biogen irgend eines organischen Individuums ist ein individueller Charakter zu finden, der als der Ausdruck einer Summe bestimmter Bewegungsformen infolge des Beharrungsvermögens konstant bleiben muſs.

Diese Beständigkeit ist eine mechanische Notwendigkeit; denn eine jede Bewegung verharrt in der vorhandenen Form so lange, bis eine andere Kraftäuſserung sie modifizieren wird, und jede Substanz, die doch der Ausdruck und Träger der Bewegung ist, verharrt in ihrer Form und ihren Merkmalen, bis andere Einwirkungen molekulare Umänderungen veranlassen[1]).

Aber wenn wir z. B. vom Protoplasma sprechen, müssen wir uns bewuſst werden, daſs wir damit nicht eine einheitliche, chemisch fest charakterisierte Substanz, sondern eine groſse, zahlreiche Formen enthaltende Stoffgruppe bezeichnen. Dasselbe gilt für Cellulose, Zucker, Gerbsäure usw. usw.

Die Annahme so zahlreicher Substanzvariationen als es Individuen gibt, verliert das Befremdliche, sobald wir uns erinnern, daſs wir täglich die gleiche Anzahl Gestaltsvariationen um uns sehen; denn tatsächlich gleicht doch kein Individuum vollständig einem andern.

Wenn aber jedes Biogen eine spezifische Einheit ist, so behält es (immer unter der Voraussetzung, daſs kein von auſsen kommender Stoſs seine Molekulargruppierung ändert) seinen Charakter bei, gleichviel wo es im Pflanzenkörper seinen Platz hat, und ob es als Celluloseform oder als somatisches oder embryonales Plasma auftritt; denn alle diese Substanzen sind ja nur auseinander hervorgehende Gruppierungsformen. Die Biogene, welche bei dem Aufbau des Embryo, also dem Anfang der neuen Generation, Verwendung finden, bringen somit die Schwingungsformen, die sie repräsentieren, in dem neuen Individuum so gut zum Ausdruck wie in dem alten. Dieses Beibehalten der molekularen Bewegungsform in der neuen Generation ist Erblichkeit. Und wir sind auch keineswegs erstaunt, aus dem Mohrrübensamen wieder Mohrrübensubstanz hervorgehen zu sehen. Wir sind auch nicht erstaunt, aus der zuckerreichen Karotte wieder eine Karotte und nicht eine stärkereiche Futtermöhre entstehen zu sehen. Es übertragen sich somit auch diejenigen Substanzkombinationen, welche die

[1]) Diese Anschauung von der Spezifität eines jeden Biogens von jeglichem Organismus hat bereits Noll ausgesprochen, indem er angibt, dafs die Eizelle einer Linde in ihrer Totalität eben schon eine Linde ist und nichts anderes sein und werden kann. — Noll, Beobachtungen und Betrachtungen über embryonale Substanz Sond. „Biolog. Centralblatt“, Bd. XXIII, Leipzig 1903, S. 325.

charakteristischen Eigenschaften unserer Kulturvarietäten darstellen. Wenn wir im praktischen Betriebe die beiden genannten Möhrenvarietäten nebeneinander anbauen würden, hätten wir Gelegenheit zu beobachten, daſs bei Eintritt gewisser Frostgrade die Karotten anfrieren, während die Futtermöhren noch unbeschädigt bleiben.

Die Kälteempfindlichkeit der Substanz einzelner Varietäten derselben Art ist das leichtest zu beobachtende Beispiel der Erblichkeit solcher Eigenschaften, welche eine Prädisposition für Erkrankungen darstellen. Jeder Obstzüchter ist imstande, Obstsorten zu nennen, die bei ihm durch den Frost beschädigt werden, während andere, danebenstehende Sorten gesund bleiben. Unter den Florblumen zeigen sich dieselben Verhältnisse, und bei den Getreidearten ist es eine allgemeine Erfahrung, daſs z. B. unter den Weizensorten die Squarehead-Formen am leichtesten auswintern.

Dieselbe verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen Kulturvarietäten finden wir auch andern Krankheitsursachen gegenüber, wie z. B. gegen Wärmeüberschuſs und Trockenheit, gegen Wasserüberschuſs usw. An den Kulturvarietäten ist ungemein viel zu lernen, und ihr Studium verdient gröſsere Beachtung, als ihm bisher zu teil geworden ist.

So liefert die Kultur uns eine Zierpflanze, den Hahnenkamm (*Celosia cristata*), der einen Stengel besitzt, dessen Vegetationsscheitel eine breite, mannigfach gewundene Fläche darstellt. Diese bandartig breite Umformung des ursprünglich cylindrischen Stengels (*fasciatio*) ist samenbeständig geworden. Die gefüllten Blüten erhalten sich von einer Generation zur andern. Schwächliche oder einseitige Ausbildung von Sexualorganen kann zur erblichen Eigenschaft werden, wie z. B. bei der schwarzen Johannisbeere, bei den Erdbeerkulturen im Alten Lande bei Hamburg usw.

Aus solchen Beispielen erkennt man, welche tiefgreifenden Abänderungen vom gewohnten Entwicklungsmodus durch den Samen übertragbar werden. Jede Abänderung bedeutet einen Stoſs auf eine bisherige Eigenschaft, der so stark gewesen ist, daſs er dieselbe dauernd zu erschüttern vermochte. Die Eigenschaften des Organismus besitzen eine verschieden groſse Stabilität, d. h. die Bewegungsform, die sie repräsentieren, ist manchmal durch einen schwachen Stoſs zu irritieren, während sie in andern Fällen durch die stärksten Eingriffe der umgebenden Wachstumsfaktoren nicht verändert werden kann. Zu den äuſserst locker fixierten Eigenschaften gehören die Blütenfarbe, der Wasser- und Zuckergehalt, die Gröſsenverhältnisse der Organe, die schon mit dem Standort wechseln können. Am schwersten zu erschüttern sind die Stellungsverhältnisse der Organe und die Zusammensetzung der Biogene, d. h. der Substanztypus, welcher eben die Substanz eines Kohlkopfes oder eines Birnbaumes als solche unterscheidbar von der anderer Pflanzen machen. Als unerschütterlich ist keine Eigenschaft eines Organismus anzusehen; aber eine Anzahl Eigenschaften werden sich von Generation zu Generation in der bisherigen Form erhalten, weil kein Stoſs von genügender Stärke zurzeit vorhanden ist, der an ihnen rüttelt. Diejenigen Eigenschaften aber, welche den in der Jetztzeit vorhandenen Faktoren zugänglich sind, werden je nach der Kräftigkeit des Eingriffs den Stöſsen erliegen und sich ändern können, und diese Änderungen sind, eben weil sie molekulare Umlagerungen bedeuten, als Schwingungsformen so lange infolge des Beharrungsvermögens konstant, bis neue Stöſse eine neue Bewegungsrichtung ein-

leiten. Sie erhalten sich auch in der Organform, die wir Samen nennen, und müssen demgemäfs in dem neuen Individuum sich fortsetzen, also erblich sein. Es werden mithin auch zweckwidrige Zustände, also solche, welche die Abkürzung der Lebensdauer des Individuums einleiten, wie z. B. geringere Festigkeit der Substanz, erblich sein, und in diesem Sinne wird man mit einer Erblichkeit der Krankheiten und der zu einer Erkrankung besonders geneigt machenden Zustände (Prädisposition) rechnen müssen.

Neben der Übertragung derartiger physiologischer, eine Erkrankung fördernder Eigenschaften des Wirtsorganismus von einer Generation auf die andere ist in neuerer Zeit noch die Möglichkeit einer Vererbung von Parasiten durch die Samen der Wirtspflanze diskutiert worden. Eriksson[1]), einer der hervorragendsten Forscher auf dem Gebiete der Rostkrankheiten, beschreibt in seinen Arbeiten eine Anzahl Zustände bei rostigen Getreideblättern, welche ihn zu der Ansicht geführt haben, dafs bei den Rostpilzen embryonale Entwicklungsstadien existieren, in denen die Pilze als nacktes Plasma (Mykoplasma) mit dem Plasma der Wirtszelle vereinigt auftreten. Derartige symbiontische Zustände können bei der Ausbildung des Samens vorhanden sein und als ruhender Keim der Rostkrankheit in der nächsten Generation sich vorfinden. Bei Witterungsverhältnissen, welche der Pilzentwicklung günstig sind, kommt dann die Rosterkrankung durch die erblich übernommenen mykoplasmatischen Anlagen in der bisher bekannten Form zum Ausbruch.

Die aufserordentliche Schwierigkeit der Frage betreffs der Existenz von Parasiten in einem Mykoplasmastadium hat bisher verhindert, ein festes Urteil über die Erikssonschen Ansichten zu gewinnen. Wenn auch die Möglichkeit mykoplasmatischer Zustände zugegeben werden mufs, glauben wir persönlich doch, dafs die sicherlich richtigen Beobachtungen von Eriksson auch noch eine andere Deutung zulassen, da die geschilderten Formen bisher immer nur in der Nähe ausgebildeter normaler Sporenlager gefunden worden sind.

10. Degeneration.

Von Zeit zu Zeit tritt, namentlich in praktischen Kreisen, die Behauptung allgemeiner hervor, dafs unsere Kulturpflanzen degenerieren, d. h. in der Quantität und Qualität ihres Ertrages nachlassen und in einzelnen Varietäten schliefslich aussterben. Der Tod derartiger, lange gepflegter Kulturformen, der gleichzeitig an den verschiedensten Örtlichkeiten eintreten soll, wird vielfach auf Altersschwäche zurückgeführt, indem man behauptet, dafs auch diejenigen Formenkreise, die wir als Sorten oder Varietäten zu bezeichnen pflegen, ein bestimmtes Alter wie die einzelnen Individuen nicht zu überschreiten vermögen. Die Anschauung stützt sich namentlich auf unsere Obstbäume, deren Sorten bekanntlich durch Veredlung fortdauernd ungeschlechtlich vermehrt werden. Solche Sorten stammen in der Regel von einem einzigen, in einer bestimmten Gegend gezüchteten Individuum, dessen Zweige alsbald als Edelreiser in allen Ländern Verbreitung finden. Man meint nun, dafs alle durch ungeschlechtliche Vermehrung entstandenen Individuen doch eigentlich nur die Fortsetzung des zuerst aus Samen

---

[1]) S. Literatur in „Zeitschr. f. Pflanzenkrankh.", Jahrg. 1903 u. 1904.

hervorgegangenen Baumes darstellen; da nun jedes Individuum seine Lebensdauer habe, so müsse auch dieses vielköpfig gewordene Individuum, das wir „Sorte“ nennen, nach einem bestimmten Zeitraum dem Tode verfallen. Daraus erkläre sich die überall gleichzeitige Erkrankung und das Aussterben mancher Sorte. Als Beispiele dieser Art werden angeführt: Gold-Pepping und Borsdorfer, zwei Apfelsorten, über deren Degeneration in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts eine eingehende Literatur entstand[1]).

Auch andere alte Obstsorten (namentlich Äpfel) sollen überall gleichzeitig an Unfruchtbarkeit leiden, krebsig werden und absterben. Kartoffelvarietäten, welche früher als vorzüglich allgemein anerkannt wurden, bewähren sich jetzt nicht mehr und verschwinden vom Markte. Die Orangenbäume, welche früher in den Gärten Europas in äufserst kräftigen, alten Exemplaren zu finden gewesen, kranken allerorts trotz der besten Pflege. Und die berühmten Orangerien von Sanssouci, Dresden, Kassel, Versailles usw. sind verschwunden oder nur noch durch wenige, oft kränkelnde Stämme vertreten. Ja, selbst in Italien sind weite Anpflanzungen von Citronen- und Orangenbäumen von vorläufig unheilbar erscheinenden Krankheiten ergriffen. Ursache soll eine allmählich in zunehmendem Maſse sich geltend machende Schwäche des Wuchses mit Erkrankung des Wurzelkörpers sein. Vom Weinstock und Ölbaum, der Granate, den Eriken des Kaplandes, den australischen Schmetterlingsblütlern und Myrtaceen, die früher als „Neuholländer“ in besondern Glashäusern den Schmuck und Stolz der Gärten bildeten, läſst sich dasselbe behaupten. Und selbst bei unsern Getreidearten bemerkt man das Verschwinden der guten alten Sorten. So sprechen die Vertreter der Degenerationstheorie.

Die Anschauung von der Kontinuität eines Individuums durch alle Edelreiser, denen dann die Unterlage oder der Mutterstamm gleichsam nur als Amme dient, hat als Basis die Voraussetzung, daſs dieses Individuum während der ganzen Dauer seiner Sortenexistenz in allen Gegenden und auf den verschiedenen Veredlungsunterlagen alle seine Charaktere unverändert beibehält. Denn in dem Augenblick, wo zugegeben werden müſste, daſs der einzelne Standort oder die Art des Wildlings einige Eigenschaften ändere, müſste auch die Möglichkeit eingeräumt werden, daſs die Höhe des Lebensalters durch Ernährung geändert werden könnte.

Darum behaupten auch die Verteidiger der Degeneration und der Theorie von den feststehenden Lebensaltern der Varietäten (unter den Botanikern namentlich Jessen) die Stabilität der Charaktere und stützen sich eben darauf, daſs der Sortencharakter durch Samen und durch Stecklinge, sowie durch Veredlung stets derselbe bleibe. Zu den beliebten Beweisen gehören die Fälle, wo bestimmte Zweigabweichungen, die bei einem Exemplar entstanden sind (Buntblättrigkeit, Zerschlitztblättrigkeit, hängende Zweigformen, Verbänderungen usw.) stets in derselben Form durch Veredlung auf neue Wildlinge übertragen werden können.

Derartigen Angaben stehen in erster Linie die stets zahlreicher

---

[1]) „Wearing out of varieties.“ Gardeners Chronicle 1875. „Varieties do the wear out?“ ibid. „Degeneration durch Altersschwäche“ in The Fruit Manual 1875. „Golden Pippin degenerated“ in Gard. Chronicle 1875. Vergl. Bericht über die Verhandl. d. Sektion für Weinbau in Trier 1875 usw. usw.

werdenden Pfropfergebnisse gegenüber, welche die gegenseitige Beeinflussung und Abänderung der durch Pfropfung miteinander verbundenen Individuen zeigen. Man weifs, dafs eine Form der *albicatio*, also Weifslaubigkeit, die wir etwa als „marmoriert“ bezeichnen können, vom Edelreis auf den Wildling übertragbar ist. Man kennt die Unterschiede in der Entwicklung eines Edelreises, je nachdem es auf Zwergunterlage oder Wildling veredelt wird. Ebenso reichlich sind die Beispiele der Veränderungen der Früchte in Gröfse, Bau, Färbung und Geschmack je nach Standort und Klima.

Endlich vergesse man nicht die Erfahrung, dafs unter grofsen Aussaaten unserer Kulturvarietäten wir stets solche finden, die „sich nicht halten“, d. h. die von Geburt aus ein derartig schwächliches Wachstum zeigen, dafs sie bald wieder aus der Kultur verschwinden. Das bedeutet ein Aussterben ganz junger Varietäten; hier fällt also die Senilität als Ursache gänzlich fort.

Was nun die Behauptung anbetrifft, dafs hochgeschätzte Obstsorten früherer Zeiten jetzt nicht mehr gedeihen wollen und gleichzeitig allerorts aussterben, so ist es interessant, einige Mitteilungen aus der Zeit, in welcher die Degenerationsfrage auf der Tagesordnung stand, gerade über einige als aussterbend bezeichnete Obstsorten zu erhalten. Hogg veröffentlichte im „The Fruit Manual“ 1875, dafs über den „Englischen Goldpepping“ der berühmte Knight schon als eine durch Altersschwäche ausartende Sorte geklagt habe. Von dem „Kentish Pippin“ habe Mortimer schon fast 100 Jahre vor Knight in ähnlicher Weise gesprochen. Beide Sorten sind aber noch jetzt in gesunden Exemplaren in England vorhanden. Wie langlebig (sagt Hogg) und kräftig Kultursorten sein können, beweise die „Winter-Pearmain“, welche als die älteste englische Apfelsorte anzusehen sei, da sie schon um das Jahr 1200 in Schriften genannt werde. Sehr alt ist auch der Borsdorfer Apfel und die überall bekannte Pflaume „Reine Claude“, welche nach Bolle (cit. Oberdieck, Pomolog. Monatshefte 1875, S. 240, Bouché und Bolle, Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb. 1875, S. 484) aus dem 15. Jahrhundert stammen mufs, da sie zu Ehren der Claudia, der Gemahlin Ludwigs XII. (1490) benannt wurde.

Durch diese wenigen Beispiele bereits werden wir darauf hingewiesen, dafs die Theorie einer Degeneration durch Altersschwäche der einzelnen Kulturvarietäten oder durch andere Ursachen dadurch zustande gekommen ist, dafs zeitweise in vielen Lokalitäten sich ein anhaltender Rückgang in der Produktion und Gesundheit gezeigt hat, und dafs man derartige Beobachtungen verallgemeinert hat. Dafs in manchen Gegenden bisher bewährte Kulturformen eine gedeihliche Entwicklung nicht mehr zeigen und durch andere ersetzt werden müssen, ist eine Erscheinung, die sich nicht ableugnen läfst. Aber diese Tatsache beweist nur, da eine jede Kulturform bestimmte Ansprüche an Boden und Klima stellt, dafs diese Ansprüche an einer Anzahl von Örtlichkeiten nicht mehr befriedigt werden können. Von einer Degeneration würde sich nur dann sprechen lassen, wenn in allen Orten, auch solchen, welche die bisher zusagenden Bedingungen beibehalten haben, eine Kulturvarietät zugrunde ginge. Dafür fehlen aber die Beweise.

Das Versagen der Varietäten nach langem Anbau kann zweierlei Ursachen haben: entweder haben sich die Anbauverhältnisse geändert, oder der Charakter der Varietät ist ein anderer geworden.

Dafs die Kulturverhältnisse an irgend einer Örtlichkeit in jedem Jahre andere sind, ist eine Tatsache, der wir uns meist zu wenig bewufst werden. Abgesehen davon, dafs die Witterung des einen Jahres von der des Vorjahres stets abweicht, ist aber auch der Boden beständig ein anderer, und zwar einerseits dadurch, dafs Zeit und Modus der Bearbeitung, sowie Düngung, Vorfrucht an sich stets verändernd einwirken, anderseits, dafs diese veränderte Ackerkrume auch veränderten Witterungsverhältnissen sich gegenüber befindet, die sie physikalisch und chemisch derselben Kulturvarietät alljährlich in anderer Weise entgegentreten lassen. Wir werden im speziellen Teil des Werkes Beispiele für den Einflufs von Bestellung, Vorfrucht, mechanischer Bodenbeschaffenheit u. dgl. Faktoren in genügender Anzahl anführen und ersehen, wie diese den Charakter und die Widerstandsfähigkeit z. B. gegen Fröste zu beeinflussen imstande sind.

Zweitens meinten wir, dafs das Versagen einer Kulturvarietät auch davon herrühren kann, dafs die Varietät ihren Charakter ändert. Nach unserer Auffassung gibt es bei allen Organismen keine Stabilität, gibt es keine strikte stoffliche oder gestaltliche Wiederholung irgend eines Vorganges, weil der Organismus in der kleinsten Zeiteinheit sich ändert, in jedem Augenblick denselben Wachstumsfaktoren als ein anderer gegenübersteht, und auf dem Wege der Anpassung fortschreitet. Und jede Varietät ist für uns, wie jede andere Sippen- oder Gruppenbezeichnung nur ein Rahmen aus gemeinsamen Merkmalen, in welchem die Individuen fortwährend durch kleinere Abweichungen schwanken.

Stickstoffüberschufs bildet eine andere Pflanzensubstanz als eine mäfsige Stickstoffnahrung, Kalimangel baut ein anderes Organ wie Kalireichtum, Lichtfülle baut die Zellwand in anderer Weise als Lichtmangel, viel Wärme produziert mehr Zucker als geringe Wärmemengen usw. Präzise Beispiele bieten die entsprechenden Kapitel über die Wirkung der einzelnen Wachstumsfaktoren. Also der Organismus ist wie Wachs, das durch die Stöfse der einzelnen Vegetationsfaktoren beständig in andere Substanzformen geprefst wird.

Die Substanzbeschaffenheit des Pflanzenleibes aber ändert sich nicht nur durch die molekularen Umlagerungen, die wir als chemische Änderungen bezeichnen, sondern auch durch die grobmechanischen, bei denen die chemische Zusammensetzung unberührt bleibt. Die mechanische Wassereinlagerung in die Gewebe, die mit dem Wasser eingeschobenen inkrustierenden Substanzen, die Spannungsverhältnisse in den Membranen und im Zellinhalt sind Faktoren, die ständig wechseln und einander beständig wechselnd beeinflussen. Die geringste Steigerung der Lichtzufuhr ist ein Stofs, der nicht nur den Assimilationsprozefs beeinflufst, sondern der indirekt auch auf alle andern Funktionen seine Wirkung ausüben mufs. Es kommt zunächst gar nicht darauf an, dafs wir derartige Wirkungen präzisieren können: es genügt der Nachweis, dafs sie stattfinden müssen.

Nun betrachten wir einmal die normale Form, in welcher die Stöfse der einzelnen Wachstumsfaktoren auf den Pflanzenkörper einwirken. Da bemerken wir eine eigenartige Abwechslung. Bei Anbruch des Tages tritt die Lichtwirkung in Kraft: Assimilation, Verdunstungsgröfse, Membranverdickung usw. werden gesteigert, und der Gesamtaufbau spiegelt alle die Erscheinungen der Lichtarbeit ab. Bei Beginn der Nacht treten, nachdem die Nachwirkungen des Lichtes ausgependelt

haben, die Oxydationsvorgänge, die gesteigerten Turgorerscheinungen, die Stärkeumwandlung u. dgl. in den Vordergrund. Derselbe Wechsel läfst sich in den die Pflanze umgebenden Medien, in Luft und Boden, beobachten. Die Wärmeabnahme und Steigerung des Wassergehaltes müssen mächtig auf den Pflanzenkörper einwirken. Zu dem Wechsel zwischen Tag und Nacht gesellt sich der Einflufs der Jahreszeiten, der den Pflanzen nach der Produktionszeit die Periode der Ruhe aufzwingt. Wir finden also in der Natur eine „korrigierende Periodizität". Und unter diesen regelmäfsig abwechselnden Schwankungen der Vegetationsfaktoren balanciert die Pflanze mit ihren Wachstumserscheinungen und vollzieht ihren normalen Entwicklungsgang.

Da Dauer und Wirkung dieser Perioden in jedem Jahrgange andere sind, ist auch die Produktion jeder Pflanze eine andere, und dadurch charakterisieren sich die einzelnen Jahrgänge. Wir sprechen von trocknen und nassen Jahrgängen, und wissen aus Erfahrung, dafs in ersteren beim Getreide der Körnergehalt reich, der Strohgehalt wegen der geringeren Halmlänge geringer ausfällt. In nassen Jahren ist es umgekehrt. Und während dann der Landmann darüber klagt, dafs die Backfähigkeit des Mehles leidet, betont er, dafs er in der ergiebigen Strohernte einen Ersatz findet.

Dieses Beispiel aus der Praxis zeigt, wie gröfsere einseitige Abweichungen von der Durchschnittsperiodizität sich sofort bemerkbar dadurch machen, dafs nun einzelne Eigenschaften des Pflanzenkörpers bevorzugt werden. Solange derartige Einseitigkeiten der Ausbildung das pflanzliche Individuum in seiner Existenz nicht bedrohen, nehmen wir die Ernteergebnisse hin und suchen etwaige Schäden des Kulturzweckes (wie z. B. das wenig backfähige Getreide, durch Vermischen mit kleberreichen Körnern aus trocknen, warmen Gegenden) auszugleichen.

Aber das einseitige Vorherrschen eines bestimmten Witterungsfaktors kann auch zur direkten Erkrankung führen, indem sich die Wirkungen häufen (Akkumulation). Man kann eine derartige Anhäufung der Effekte mit der Zunahme der Geschwindigkeiten bei einem fallenden Körper vergleichen, wo sich die Fallräume wie die Quadrate der Fallzeiten verhalten. Wenn wir statt der Schwerkraft einen andern Faktor, z. B. eine nasse, trübe Witterung annehmen, dann wird die Wirkung derselben am ersten Tage sich derart geltend machen, dafs das Gewebe wasserreicher wird, wobei die Wandverdickung gegen das normale Mafs zurückbleibt. Am nächsten Tage gesellt sich zu der Wirkung des ersten Tages die gleichgrofse des zweiten, und das bereits gelockerte Gewebe wird nun noch weiter gelockert, und auf diese Weise summieren sich die an sich nicht krankheiterzeugenden Stöfse auf den Pflanzenleib zu einer Gröfse, die schliefslich die Existenz desselben bedroht. Im praktischen Leben sehen wir dies schon innerhalb einer Vegetationsperiode, z. B. bei dem Lagern des Getreides in regenreichen Zeiten. Die Feuchtigkeit hat die Zellstreckung an der Halmbasis bedeutend gefördert, der Lichtmangel aber die Wandverdickung wesentlich gehemmt, und der Erfolg ist nun, dafs die geschwächte Halmbasis dem Hebelangriff des Windes keinen genügenden Widerstand zu leisten vermag und einknickt. Je nach der Dauer und den sich einstellenden Folgeerscheinungen dieser Halmlagerung ist die Körnerausbildung geschwächt oder verhindert und der Halm einem vorzeitigen Tode geweiht.

Entsprechend obigen mechanischen Änderungen der Zellwand ist

bei andern einseitig sich häufenden Stöfsen seitens eines Vegetationsfaktors der Zellinhalt Änderungen unterworfen, die zur Erkrankung führen. Wir finden in stark gedüngten Baumschulen ganze Quartiere üppig wachsender Süfskirschen mit offnen oder versteckten Gummiherden, und in Forstkämpen gut aussehende Kiefernbeete, die im Holzkörper die Anfänge der Resinose tragen. Namentlich bei Gartenkulturen, in denen durchschnittlich mit den höchsten Stickstoffgaben gearbeitet wird, erkranken plötzlich ganze Kulturen und werden beiseite gelegt, weil „die Pflanzen nicht mehr wachsen wollen“. Mir sind genügend derartige Fälle zugegangen, bei denen einzelne Züchter meldeten, dafs Begonien, Primula sinensis fl. pl., Nelken, Maiblumen, Cyclamen u. dgl., die sie sonst stets in gröfster Vollkommenheit bei denselben Kulturmethoden erzogen haben, von Jahr zu Jahr mehr im Wachstum zurückbleiben und „degenerieren“.

Bei unsern Feldkulturen läfst sich Ähnliches wahrnehmen. Kartoffelsorten, welche früher tadellose Erträge gaben, werden jetzt felderweise leicht schwarzfleckig. Zuckerrüben auf den besten Rübenböden neigen zur Schwanzfäule. Bei dem Wurzelbrand der Rüben ist beobachtet worden, dafs besonders stark die Stecklingspflanzen erkranken, während die aus dem Samen von besten und schwersten Zuckerrüben erzogenen Pflänzchen fast gar keinen Wurzelbrand zeigten. Treibgurken in den Glashäusern, Feldgurken in nassen kalten Jahren gehen an Gummosis zugrunde u. dgl.

Meine Erfahrungen bei der Heilung derartiger Vorkommnisse führen zu dem Schlusse, dafs wir es in solchen Fällen mit einseitiger Steigerung einer bestimmten Entwicklungsrichtung, meistens hervorgerufen durch Stickstoff- und Wasserüberschufs, zu tun haben. Unsere beständig intensiver werdende Düngerwirtschaft führt nicht selten zu einer bestechenden Üppigkeit der Pflanzen und dann zu einem plötzlichen Collapsus, wenn der das Gegengewicht haltende Faktor nicht in der entsprechenden Menge zur Wirksamkeit gelangt. In Fällen nachgewiesener hochgradiger Stickstoffzufuhr fand ich dementsprechend die Anwendung von phosphorsaurem Kalk vorteilhaft.

Solche einseitigen Entwicklungsrichtungen werden auch in der Ausbildung des Samens zum Ausdruck kommen müssen. Wenn derartiges Saatgut unter denselben Ernährungsverhältnissen, unter denen es entstanden ist, von Generation zu Generation weiter kultiviert wird, müssen bestimmte Eigenschaften eines Standorts durch Gewohnheit erblich werden. In unserer Auffassungsweise, dafs alle Eigenschaften eines Organismus dynamische Zustände, molekulare Schwingungsgruppierungen darstellen, würde die Gewohnheit als Beharrungsvermögen gedeutet werden müssen. Das Trägheitsvermögen aller Materie veranlafst dieselbe, genau in derselben Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit zu bleiben, die sie zunächst empfangen hat. So, wie der Organismus einmal angestofsen ist, pendelt er weiter, bis irgend ein Vegetationsfaktor seine Wachstumsgeschwindigkeit oder auch seine Wachstumsrichtung ändert.

Die Praxis verwertet diesen Umstand bei dem „Samenwechsel“, d. h. bei der Verwendung von Saatgut aus Gegenden, die eine bestimmte wünschenswerte Eigenschaft ausgebildet haben. So ist der Bezug schwedischen Getreides seitens mitteleuropäischer Landwirte darum ein ausgedehnter, weil man die kürzere Vegetationszeit der nordischen Sorten ausnutzen will. Während der Typus des englischen Weizens

besonders entwickelte Mehligkeit ist, produzieren die unter entgegengesetzten klimatischen Verhältnissen befindlichen Gegenden vorzugsweise glasige Weizen usw.

So wie diese nützlichen Typen des Getreides als Produkte lokaler Witterungs- und Bodenverhältnisse entstanden sind, so könen auch Schwächezustände der Kulturpflanzen lokal erzeugt und durch Samen übertragen werden. Wenn diese Schwächezustände durch Gleichbleiben der Ursachen sich von Generation zu Generation wiederholen und sich häufen, so können sie endlich zu vollständiger Hinfälligkeit und durch die Akkumulation zur Einleitung frühzeitigen Todes führen.

Aber dies ist trotzdem keine Degeneration der Art oder Varietät; denn alle diese Eigenschaften können in andern Kulturverhältnissen wieder zurückkonstruiert werden. Das ersehen wir aus dem Umstande, dafs die nützlichen Sondereigenschaften, die wir bei dem Samenwechsel eingeführt haben, nur wenige Jahre vorhalten. Dann ändern sich die eingeführten Kulturformen und nehmen solche Eigenschaften an, welche der klimatische und der Bodencharakter der Anbaugegend züchtet.

Auch dies sind Erfahrungen der Praxis, welche beständig versucht, die nach irgend einer Richtung hin hochproduktiven Arten fremder Klimate an irgend eine Kulturgegend zu gewöhnen (Akklimatisation).

Will man obige Fälle einer Akkumulation von Eigenschaften, die zur Schwächung der Produktion und vorzeitigem Tode führen, als „Degeneration" bezeichnen, so darf man höchstens von lokaler, vorübergehender Degeneration einer Anzahl von Individuen sprechen. Es ist aber eigentlich nur eine Depression der Entwicklungsrichtung, die durch äufsere Faktoren, wie Kultureingriffe, wieder behoben werden kann. Eine dauernde Depression im Wachstum infolge der Senilität einer ursprünglich langlebigen Varietät ist innerhalb einer bestimmten Erdepoche nicht anzunehmen. Das Verschwinden von Kulturvarietäten erklärt sich durch ihre geringere Rentabilität infolge mangelnder Anpassungsfähigkeit an unsere beständig intensiver werdende Bewirtschaftungsweise.

Zweiter Abschnitt.

Geschichtliches.

Bei einer so jungen Disziplin wie der Phytopathologie wird man kaum eine Geschichte der Wissenschaft voraussetzen. Und in der Tat ist der Zeitpunkt, seit welchem die Lehre von den Pflanzenkrankheiten als besonderer Wissenszweig von den Mutterdisziplinen sich losgelöst hat, uns so naheliegend, dafs wir seinen Entwicklungsgang noch vollständig zu übersehen vermögen.

Wenn aber auch die Forschungsform noch neu ist, so ist doch das Material, nämlich die Meldungen über die Krankheiten der Pflanzen, ein sehr altes, in der Geschichte weit zurückreichendes, und wir können nicht fehlgehen, wenn wir annehmen, dafs die Krankheiten seit der Existenz der Pflanzen vorhanden und die Beobachtungen über dieselben zu der Zeit angefangen haben, in welcher eine Pflanzenkultur begonnen

hat. Denn wir beobachten fortwährend, wie schwerwiegende Beschädigungen die Witterungsextreme hervorrufen, und zwar nicht nur solche, die augenblicklich die Pflanze töten, sondern mehr noch derartige Störungen, die das Individuum in Bau und Funktion schwächen und es langsam einem vorzeitigen Tode entgegenführen, also krank machen. Die Eingriffe schädigender Witterungsverhältnisse werden stets vorhanden gewesen sein und sich in verschiedenen Formen geäufsert haben.

Eine der ältesten Bezeichnungen gewisser Krankheitsformen, die uns entgegentreten, ist der Name „Brand", und deshalb wollen wir versuchen, an der Hand der unter diesem Namen zusammengefafsten Krankheitserscheinungen den Werdegang unserer Disziplin zu verfolgen.

Wie die späteren Mitteilungen ersehen lassen, sind von den Autoren zunächst wohl alle Erscheinungen als „Brand" bezeichnet worden, welche dem Auge in der Farbe des Verbrannten oder Verkohlten, also schwarz entgegentraten. Demgemäfs umfafst der „Brand" einerseits die Krankheitsgruppen an Bäumen, bei denen die tote Rinde ein geschwärztes Aussehen annahm, anderseits auch die Beschädigungen des Getreides, deren Ursachen wir jetzt auf Brand- oder Rostpilze zurückführen können.

Wenn wir zunächst in der Bibel nach Angaben über Krankheiten und speziell über Brand suchen, so finden wir z. B. folgende Stelle[1]): „Wenn eine Teuerung, oder Pestilenz, oder Dürre, oder Brand, oder Heuschrecken, oder Raupen im Lande sein wird, oder sein Feind im Lande seine Tore belagert . . . . . ." —. Eine andere Stelle lautet: „Der Herr wird Dich schlagen mit Schwulst, Fieber, Hitze, Brunst, Dürre, giftiger Luft und Gelbsucht und wird Dich verfolgen, bis er Dich umbringe." [2])

Aus diesen Stellen zieht ERIKSSON[3]) den Schlufs, dafs es sich bei diesen mehr als zweitausend Jahre alten Mitteilungen um Brand und Rost am Getreide gehandelt habe. Er zitiert das Wort Schiddafôn (Hitze) für Brand und Jerakôn (Gelbheit) für Rost.

Auf Brand im Getreide weisen auch folgende, bereits von PAMMEL[4]) herbeigezogene Aussprüche hin: „Ich plagte Euch mit dürrer Zeit und mit Brandkorn; so frafsen auch die Raupen alles, was in Euren Gärten, Weinbergen, Feigenbäumen und Ölbäumen wuchs." [5]) Und sehr bezeichnend für die Gröfse der Mifsernte ist die Stelle in HAGAI[6]): „Wenn einer zum Kornhaufen kam, der zwanzig Mafs haben sollte, so waren kaum zehn da; kam er zur Kelter und meinte fünfzig Eimer zu schöpfen, so waren kaum zwanzig da. Denn ich plagte Euch mit Dürre, Brandkorn und Hagel in aller Eurer Arbeit."

Unter den griechischen Schriftstellern erwähnt ARISTOTELES (384 bis 322 v. Chr.) bereits die Rostjahre, und THEOPHRAST von Eresos (371 bis 286 v. Chr.) kennt schon die verschiedene Empfänglichkeit der einzelnen Getreidevarietäten gegenüber den Rosterkrankungen[7]). Er

---

[1]) 1. Buch Könige, Kap. 8, 37. — 2. Buch Chronika, Kap. 6, 28.

[2]) 5. Buch Mos., Kap. 28, 22.

[3]) ERIKSSON, Die Getreideroste. Stockholm 1894. S. 8. (Hier eingehende geschichtliche Mitteilungen über Rost.)

[4]) PAMMEL, L. H., WEEMS, J. B., und LAMSON-SCRIBNER, The grasses of Jowa. Des Moines, Jowa 1901.

[5]) Amos, Kap. 4, 9.

[6]) Hagai 2, 17. 18.

[7]) Naturgeschichte der Gewächse. Übersetzt und erläutert von SPRENGEL. Altona 1822. I.

berichtet auch über die zweite Art der als Brand bezeichneten Erscheinungen, nämlich über den Rindenbrand der Bäume, indem er (Buch IV, Kap. 14) sagt, dafs die zahmen Bäume an mehreren Krankheiten leiden. Unter diesen sind einige allen Bäumen gemeinsam; andere suchen nur bestimmte Baumarten heim. Eine gemeinsame Krankheit ist es, dafs sie von Würmern oder vom Brande ergriffen werden.

Speziell spricht THEOPHRAST, dessen Angaben nach KIRCHNER[1]) sicherlich auf eignen Beobachtungen beruhen, vom Brand und Krebs der Feigenbäume, und erwähnt dabei, dafs sich die Krankheiten der Bäume nach dem Klima (wie bei den Tieren) zu richten scheinen, da in einigen Gegenden die Bäume gesund seien. Der Feigenbaum, sagt er dann weiter, wird am meisten vom Brand und Krebs ergriffen. Brand (*Sphakelismos*) aber nennt man, wenn die Wurzeln schwarz werden, Krebs (*Krados*), wenn es die Zweige werden. Der wilde Feigenbaum dagegen bekommt weder den Krebs noch den Brand.

Über eine Ursache des Brandes belehrt uns die Angabe, dafs einige verderbliche Zufälle durch den Einflufs der Witterung und des Standortes entstehen. Man könne eigentlich derartige Zufälle nicht recht als Krankheit bezeichnen, wie z. B. das Gefrieren, und was einige den Brand heifsen. An einigen Orten töten und verbrennen auch gewisse Winde die Gewächse, wie bei Chalcis in Euböa, wo der Nordwest, wenn er kurz vor der Sonnenwende weht, kalt ist; er macht die Bäume so dürr und trocken, wie es kaum durch die Sonne geschehen könnte.

Ob die als Krebs hier erwähnte Krankheit Ähnlichkeit mit den von uns jetzt als Krebs bezeichneten Wucherungen hat, bleibt zweifelhaft. Sicher aber ist, dafs Holzwucherungen ebenfalls beobachtet worden sind. Wenn es sich dabei nicht um wirkliche Krebsgeschwülste gehandelt hat, dürften wohl Erscheinungen damit gemeint sein, die wir jetzt als Knollenmaser ansprechen würden. Derartige Geschwülste sah THEOPHRAST bei dem Ölbaum und benennt sie Nagel oder Schorf (*loxas* — *lopas*), weil sie gleichsam napfförmige Nägel an den Bäumen darstellen. Von diesen Nägeln sagt SPRENGEL, dafs sie in neuerer Zeit sehr häufig bei den Oliven in Italien vorkämen. Sie zeigen sich als runde, warzige, in der Mitte napfförmig vertiefte Auswüchse der Rinde, unter denen sich auch ähnliche Anschwellungen des Holzkörpers vorfinden.

Es ist kaum zu glauben, dafs die von dem scharf beobachtenden Schüler des Aristoteles geäufserten Ansichten über die hier erwähnten Krankheitserscheinungen sich im Laufe der nächsten Jahrhunderte wesentlich geändert haben; denn sonst würde der berühmte Encyklopädist, der von 23 bis 79 n. Chr. lebende PLINIUS SECUNDUS[2]), der eine reiche Quellenkenntnis besafs, weiteres Material beigebracht haben, zumal er gewissenhaft die von CATO (de re rustica) und andern Schriftstellern gemachten Angaben über den Einflufs der Gestirne und das Sterben der Bäume infolge von Kälte, Hitze, ungünstiger Lage, Boden, Düngung, falschem Beschneiden u. dgl. registriert. Betreffs des Einflusses der Witterungsfaktoren, der Kulturfehler, der zu Erkrankungen

---

[1]) KIRCHNER, Die botanischen Schriften des Theophrast von Eresos. Sond. Jahrb. f. klassische Philologie. Leipzig 1874.

[2]) PLINII SECUNDI naturalis Historiae libri XXXVII edit. Janus. Buch 17, Kap. 37.

disponierenden Umstände usw. enthalten die in seiner „Naturgeschichte“ niedergelegten Erfahrungen äufserst viel Beachtenswertes.

In der Ausgabe der „Römischen Prosaiker“ von Osiander und Schwab hat der Übersetzer des Plinius (Külb) eine Zusammenstellung der von diesem benutzten Quellen und spezielle Bemerkungen über die in der „Naturgeschichte“ angeführten Schriftsteller gegeben. Für eine vollständige Geschichte der Phytopathologie liegt hier ein reiches Material vor. Wir dürfen uns mit dem Hinweis auf diese sorgfältig gesammelten griechischen und römischen Quellen begnügen und vielleicht nur noch an einigen Citaten zeigen, wie weitgehende Erfahrungen bereits zu Beginn unserer Zeitrechnung vorhanden waren.

Nach obiger Bearbeitung finden sich im siebzehnten Buch von Plinius' Naturgeschichte, Abschnitt XXXVII, die Anschauungen des Verfassers über die Frostwirkungen. Er sagt: „Auch kommen nicht die schwächsten Bäume durch den Frost in Gefahr, sondern die gröfsten, und es werden also, wenn sie Not leiden, die höchsten Gipfel dürr, weil der von der Kälte gehemmte Saft nicht bis dahin gelangen kann.“ Über die Erscheinungen, welche wir jetzt als „Frostbrand“ bezeichnen würden, finden wir folgende Notiz: „Der böse Einflufs der Gestirne beruht ganz auf dem Himmel; deshalb mufs man zu diesen Einwirkungen auch den Hagel sowie den Brand und den durch Reif verursachten Schaden rechnen. Der Brand ergreift nämlich die zarten Pflanzen, wenn sie, durch die Frühlingswärme gelockt, hervorzubrechen wagen, und versengt die milchigen Augen der Keime, was man an der Blüte ‚Kohle‘ nennt.“

Betreffs der sorgfältig kultivierten Weinstöcke heifst es: „Ein anderer schlimmer Einflufs der Gestirne (Witterungsfaktoren) ist das Berieseln (*roratio,* das Auffallen kalten Taues, Übers.) während sie verblühen, oder wenn die Beeren, ehe sie wachsen, zu harten Körnern verdorren. Sie werden auch krank, wenn sie gefrieren, und der Brand nach dem Beschneiden die Augen verletzt. Dieselbe Folge hat auch eine unzeitige Hitze; denn alles hat sein bestimmtes Mafs und Ziel.“ Wir fassen jetzt diese Erfahrungen präziser in der Lehre vom Optimum, der Minimal- und Maximalgrenze der Wachstumsfaktoren zusammen.

Bezüglich der fehlerhaften Kulturmethoden wird angeführt, dafs Krankheiten entstehen, wenn der Winzer die Reben zu fest bindet oder beim Umgraben die Wurzeln verletzt und den Stamm entrindet oder quetscht. Unter allen diesen Umständen ertragen sie (die Stöcke) weit schwerer Kälte und Hitze, weil jeder Nachteil von aufsen in die Wunde eindringt.

Unter den Heilmitteln wird das Schröpfen empfohlen, weil die dickwerdende Rinde die Stämme zusammenschnürt und sie würgt. Als Schutz gegen die Winterfröste wird erwähnt, dafs man im Winter, wenn Schnee liegt, um die Weinstöcke Wassergräben ziehe, damit sie die Kälte nicht brandig mache.

Die reichlichsten Aufschlüsse über die Kulturmethoden und die dabei auftretenden Übel dürften in der im zehnten Jahrhundert erschienenen Sammlung von Excerpten aus alten Ackerbauschriftellern, der „*Geoponika*“, zu finden sein. Wir stützen uns auf die Bücher der bekannten vier römischen Geoponiker Marcus Cato, Terentius Varro, Palladius und Junius Moderatus Columella, in denen besonders der Düngerwirtschaft und dem Pfropfen Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Eine Zusammenstellung der Bücher über Landwirtschaft der genannten Autoren erschien zu Cöln im Jahre 1536[1]).

Diesem Werke entlehne ich auch diejenigen Stellen, welche zeigen, dafs die Bezeichnung „Rost“ als Krankheitsursache sehr frühen Ursprungs ist. So erwähnt VARRO im ersten Kapitel unter den Gottheiten *„qui maxime agricolarum duces sunt“ . . . . „Quarto Robigum, et Floram, quibus propitiis, neque rubigo frumenta, atque arbores, corrumpit, neque non tempestive florent. Itaque publicae Robigo feriae, robigalia, Florae ludi, floralia instituti.“* Wahrscheinlich galt der Ausdruck „Rost“ für alle rostfarbigen krankhaften Verfärbungen der Gewächse: denn wir finden das Wort *Robigo* bei COLUMELLA zur Bezeichnung einer Weinkrankheit gebraucht, die durch das Räuchern der Weinberge bei Frostgefahr vermieden werden kann. In seinem Buche *„de arboribus“* behandelt Kapitel XIII: *Ne rubigo vineam vexet.* Es wird empfohlen: *„Palearum aceruos inter ordines uerno tempore positos habeto in uinea: cum frigus contra temporis consuetudinem ne intellexeris, omneis aceruos incendito, ita fumus nebulam et rubiginem remouebit.“* — Betreffs des wechselnden Gebrauches von „Robigo“ und „Rubigo“ findet sich in der „Enarratio priscarum vocum“ folgende Stelle: *„Robigo, deus, quem putabant rubiginem auertere, est autē Rubigo morbus segetum“* [2]).

Von den Beobachtungen und Anschauungen der Römer, die im Plinius sich zusammengefafst finden, zehrten die nächsten anderthalb Jahrtausende. Denn E. MEYER[3]) berichtet bei PETRUS DE CRESCENTIIS, der 1305 sein grofses Werk schrieb, welches in den ersten acht Büchern von der Landwirtschaft handelt, dafs seit PALLADIUS niemand über Landwirtschaft in lateinischer Sprache geschrieben hätte. Aus der griechischen Sammlung der Geoponika besafs man nur Bruchstücke. Die älteren Werke VARRO's und COLUMELLA's pafsten nicht mehr zu den Verhältnissen der Zeit, so dafs ein zeitgemäfses Buch über Landwirtschaft ein Bedürfnis war. Aber obgleich PETRUS DE CRESCENTIIS eine wissenschaftliche Begründung der Landwirtschaft anstrebte und, der Liebhaberei des Altertums und des Mittelalters entsprechend, zahlreiche Anweisungen zum Pfropfen der Bäume verschiedener Art gab, enthält sein Werk doch eigentlich weniger, als die Bücher der alten Autoren. Ebenso wiederholt im Jahre 1600 auch noch COLERUS[4]) nur die früheren Angaben über Rindenauftreibungen, „Schwulst der Bewne“, unter denen eine jauchige Flüssigkeit sich entwickle. Dabei erhält sich der Glaube an den Einflufs der Gestirne in unerschütterlicher Festigkeit.

Beispielsweise erzählt uns noch der ehrenwerte Rostocker Professor PETER LAUREMBERG in seiner 1631 erschienenen *„Horticultura“* [5]), dafs gewisse Gestirne, wie der Orion, Pleiaden u. a., besonders schädlichen Einflufs ausüben, und dafs infolge schädlicher Witterungseinflüsse die sogenannten „heimlichen Übel“ entstehen, zu denen Rost, Karbunkel und Brand gehören.

---

[1]) De re rustica M. Catonis liber I, M. Terentii Varronis lib. III, Palladii lib. XIV et I. M. Columellae lib. XIII Priscarum vocum in libris de re rustica enarrationes, per Georgium Alexandrinum. Coloniae, Joannes Gymnicus. Anno MDXXXVI.

[2]) Hier wie bei den übrigen Citaten folgen wir in der Schreibweise genau unsern Quellen.

[3]) Geschichte der Botanik. Bd. IV, S. 148.

[4]) M. JOHANNIS COLERI, Oeconomia und Haufsbuch usw. Ander Theil. Wittenberg 1600. Buch V. Kap. 12.

[5]) PETRI LAUREMBERGII, Rostochiensis Horticultura. Francofurti 1631. Cap. XXXV.

Einen Fortschritt in der Erkenntnis der Bedeutung der Krankheiten können wir natürlich nur bei den Praktikern erwarten, deren Bemühungen bei der Kultur am empfindlichsten durch die sich geltend machenden Beschädigungen gestört werden. In dieser Beziehung interessant ist das seinerzeit berühmte Werk des „Kurfürstlichen Gartenvorstehers Heinrich Hesze“ [1]). Er spricht über das Dürrwerden der Äste, das er den „kalten Brand“ nennt. „Sonsten hat man drey Haupt-Ursachen, um welcher willen die Bäume brandig werden. Erstlich wegen überflüssiger Feuchtigkeit, welche in Entzündung des Saftes zwischen Holtz und Rinde ersticket und alsdann die Rinde erhebet, brandig und dürre machet. Die andere Ursache ist diese, dafs offtmals unbedachtsamer Weise und mit Unverstand ein Baum anders gesetzet wird, als er vorher gestanden. Dieses ist ihnen hochschädlich, denn die Rinde, so braunfarbig ist und gegen Morgen oder Mittag gestanden hat, ist daselbst viel härter, als an den Seiten, so gegen Nord oder Abend gestanden hat, als welche gemeiniglich grün, zart und unzeitig ist — alsdenn mufs ohnfehlbar ein Schade daraus entstehen, sintemalen die Nordseite der Mittags-Sonne gar nicht gewohnet und wird sie nicht allein von der grofsen Hitze gedörret, sondern auch im Frühling durch harte Nachtfröste erschrecket und die Rinde in die Höhe gezogen, hernachmals durch die Sonne den Tag über ausgetrucknet und verbrennet, woraus alsbald der Brand entsteht, wie er denn gemeiniglich an der Seite, so gegen Mittag stehet, gemerket wird.“ — Hier haben wir positive eigne Beobachtungen vor uns. — Verfasser erzählt nun weiter, wie er derartig verkehrt gesetzte Bäume dennoch dadurch erhalten, dafs er in den ersten Jahren nach dem Versetzen auf der nach Mittag gewendeten falschen Seite des Baumes einen Umschlag von Kuhkot, Haferspreu, Leim und Asche angebracht habe.

„Die dritte Ursache aber kommt daher, wenn ein Baum mit einem Brodmesser gepfropfet wird usw.“ Vielleicht hat Hesze eine parasitäre Infektion dabei im Auge gehabt und zu erklären versucht.

Über den Krebs äufsert sich dieser Autor (S. 312) folgendermafsen: „Dafs der Krebs eigentlich daher rühret, wenn ein Baum zu der Zeit, wenn der Mond im Zeichen des Krebses oder Skorpion läuft, gepfropfet wird . . . .“ „Diese Krankheit kann man daran erkennen, dafs die Rinde hin und wieder Bücklein aufwürfet und unter derselben es gleichsam tod und schwartz ist, welches dann immer weiter umb sich greiffet, bis es endlich den ganzen Stamm einnimmt. Es werden zwar von ein und anderen weitläufftige Ursachen des Krebses angeführet, allein die oben angeführte ist doch die allerwahrhaftigste.“

Zu diesem Ausspruch des berühmten Gärtners macht der Herausgeber folgenden Zusatz: „. . . . . was den Krebs anlanget, so wird niemand läugnen können, dafs solcher offt oben auf den Bäumen, und zwar von dem Unflath, welcher zwischen dem Stamm und den Aesten auf denen Zwieseln sich sammlet, entstehet. Derowegen es höchst nöthig ist, dafs man die Zwiesel allezeit rein halte und sie von allem Unflath säubere. So entspringet auch der Krebs offt von eben demselben auffwallenden Saffte, aus welchem der Brand entstehet und haben diese zwey Krankheiten offt einerley Ursache.“

Der Verfasser beschreibt hier deutlich die Erscheinung, die wir

[1]) Heinrich Heszens, Neue Gartenlust usw., vermehret und mit dreyen nützlichen Registern versehen durch Theodorum Phytologum. 1690. Kap. 8.

jetzt als Astwurzelkrebs bezeichnen, und wenn wir statt des „auffwallenden Safftes" die Frostbeschädigungen mit nachträglicher Ansiedlung der *Nectria ditissima* setzen, so entspricht die Darstellung unserer jetzigen Auffassung über Brand und Krebs.

Um dieselbe Zeit schrieb in Frankreich DE LA QUINTINYE sein noch heute gesuchtes Buch: „Le parfait jardinier"[1]). Wir finden darin den Krebs kurz als eine Art Galle erwähnt (signifie une manière de galle ou de pourriture seiche), welche sich in der Rinde und im Holze bildet, wie man dies häufig an den Birnen (Poire de Robine, Petit Muscat, Bergamotte), sowohl am Stamm als an den Zweigen, findet. Der Begriff der Holzgeschwülste bei der Bezeichnung „Krebs" findet sich dann weiter bei späteren Gartenschriftstellern, wie z. B. bei FISCHER[2]).

Auf eigenen Füfsen, d. h. auf eigener vielfacher, praktischer Erfahrung steht der ruhmredige AGRICOLA[3]) (geb. 1672), dessen wirkliche Verdienste in den zahlreichen, 1712 bis 1715 ausgeführten Versuchen über die ungeschlechtliche Vermehrung der Gewächse (namentlich auch Wurzelvermehrung) zu finden sind. Er widmet das fünfte Kapitel „den Zufällen und Krankheiten" usw. und äufsert sich z. B. folgendermafsen: „Es regieret aber der Mehlthau, *Rubigo,* zuweilen wie eine Seuche unter den Bäumen, der im Frühling, wann sich die Erde eröffnet und die verschlossenen Dämpfe anfangen über sich zu steigen, die meisten beschädiget, und ist nichts anders, als ein sehr scharfer und beissender Thau, welcher von den Erddünsten, die sie übersich hat zusammengezogen, herrühret . . . . Drittens findet sich eine Krankheit bei den Bäumen ein, welche der Sonnenbrand, oder Brand, *uredo,* genennet wird. Dieser ist aber zweierlei. Erstlich wird er so genommen, wann ein subtiler Regen oder Thau anfällt, und die Sonnenstrahlen darzwischen scheinen, und legt sich auf die Blätter. Dadurch werden die Löcher und Fasern schlapp und erweitert; die Sonnenhitze aber ziehet selbige alsobalden zusammen. Damit werden die Blätter verbrennt, beginnen braun und schwarz zu werden und fallen ab. Vor das andere, so findet sich ein solcher *uredo* oder Brand, in den innerlichen Theilen des Baumes, in dem Mark . . . . Die wahre Ursach aber, warum der Brand in Versetzung eines Baumes das Mark brandig macht, mag wol diese sein, weil der gemeinen Gärtner Gewohnheit ist, dafs, wann sie einen Baum versetzen, sie auch gemeiniglich die Wurzel beschneiden, und wissen nicht, was sie dem Baume vor einen Schaden verursachen. Denn die kleinsten Würzlein ziehen den meisten Saft aus der Erden an sich, die schneiden sie weg . . . . Weil nun die Wurzel samt dem Mark offen und frei ist, so tritt die Feuchtigkeit hinein, und verletzet das Mark . . ."

Betreffs des Krebses finden wir den „aufwallenden Saft" als Ursache betont in dem 1751 erschienenen Gartenlexikon von RIEDEL[4]). „Krebs, Baumkrebs, Kanker, Fresser. Also wird der schädliche Zufal an den

---

[1]) Le parfait jardinier etc. Par feu Mr. de la Quintinye. Paris 1695. T. 1, p. 31.

[2]) R. P. CHRISTOPHORI FISCHERI soc. j., Fleifsiges Herrenauge usw. Nürnberg 1719. 5 Abt. I. S. 168.

[3]) GEORG ANDREÄ AGRICOLÄ, Philosophiae et Medicinae Doctoris und Physici Ordinarii in Regensburg. Versuch einer allgemeinen Vermehrung aller Bäume, Stauden und Blumengewächse anjetzo auf ein neues übersehen usw. von C. G. Brausern. Regensburg 1772. Der Originaltitel lautete: „Neu und nie erhörter, doch in der Natur und Vernunft wohlbegründeter Versuch einer Universalvermehrung aller Bäume, Stauden und Blumengewächse," 1716.

[4]) RIEDEL, Kurz abgefafstes Gartenlexikon usw. Nordhausen 1751. S. 420.

Bäumen genannt, welcher sich an der Rinde derselben äusert, da solche hin und wieder Buckeln bekommt und aufspringet, worauf, wann dem fressenden Uebel nicht zeitig abgeholfen wird, ein Ast nach dem andern und endlich der ganze Baum verdirbet. . . . Die wahre Ursach aber dieses schädlichen Zufals an den Bäumen ist entweder die böse Eigenschaft des Erdreiches, und die daher entstehende oder aufwallende böse Säfte, so sich zwischen der Rinde entzünden, welche wenn man sie abnimmt, schwarz aussieht, oder der aufwallende überflüssige geile Saft, welcher wenn er im Aufwallen keinen Ausgang findet, erstikken und verderben mus, welches denn auch der Anlas zu der aufgeworfenen und aufgeborstenen Rinde ist."

Die jetzigen Autoren setzen statt des aufwallenden Saftes den Ausdruck „Saftstockung".

Als Mittel gegen den Krebs empfiehlt der Autor das Ausschneiden der kranken Stelle und Verstreichen mit Baumwachs. Wenn der Boden die Ursache ist, sollte man diesen bis auf die Wurzeln wegnehmen und durch besseren ersetzen. Bei Saftüberfülle soll man im Februar den Stamm an der Basis anbohren und das Loch nach 1 bis 2 Tagen mit einem festen Holzpflock verkeilen oder eine starke Wurzel spalten, „da dann der überflüssige Saft unten abziehe".

Direkt auf Frost führt Philipp Miller[1]) Krankheitserscheinungen zurück, die er mit dem Namen „Brand" bezeichnet. Im wesentlichen sind die Miller'schen Urteile eine Wiedergabe der Hales'schen Ansichten, der unter Brand *(blast)* nicht nur Frost, sondern auch Sonnenbrand u. dgl. versteht. Wichtig wird Hales[2]) durch die Erwähnung der Übertragbarkeit des Krebses durch Veredlung und der bisweiligen Heilung desselben durch Ausschneiden. Bemerkenswert ist die Beobachtung des englischen Experimentators über den Einfluſs der trocknen Frühjahrswinde, die das Laub versengen: „The considerable quantity of moisture which is perspired from the branches of trees, during the cold winter season, plainly shews the reason, why in a long series of cold northeasterly winds, the blossoms and tender young set fruit and leaves are in the early spring so frequently blasted, viz. by having the moisture exhaled faster than it can be suplied from the trees."

Groſse Aufmerksamkeit wendet Duhamel[3]) den Frostschäden zu und erwähnt, daſs die Bäume manchmal von Geschwülsten heimgesucht werden. Diese sind um so leichter zu heilen, je jünger sie sind. Es löst sich an irgend einer Stelle des Stammes die Rinde vom Holze, und zwischen beide tritt eine fressende Eiterflüssigkeit. Diese Art fressender Geschwüre nennt man „Krebs", der zu den durch Saftüberschuſs erzeugten Krankheiten gezählt wird.

Das Niedersächsische Gartenbuch[4]) sieht die Veranlassung zu Brand und Krebs in zu dichtem Stand der Bäume, nicht zusagendem Boden usw.

Während das Altertum und das Mittelalter sich bei ihren Beobach-

---

[1]) Das Englische Gartenbuch oder Philipp Millers Gärtnerlexikon usw. Nach der fünften Ausgabe ins Deutsche übersetzt von Huth. Nürnberg 1750. S. 136.

[2]) Statical Essais containing Vegetable Staticks etc. by Steph. Hales. 2nd edit. London 1731. I, 35 ff., 147, 369; II, 265.

[3]) La physique des arbres par Duhamel du Monceau. Paris 1758. S. 339.

[4]) Caspar Bechstedt, Vollständiges niedersächsisches Land- und Gartenbuch. Flensburg und Leipzig 1772. I, S. 151.

tungen über Pflanzenkrankheiten meist auf die Wahrnehmung der dem bloſsen Auge entgegentretenden ausgebildeten Erscheinungen beschränkten und fast nur bei den Veredlungen durch den Versuch zur Lösung der Fragen des Pflanzenlebens schritten, sehen wir mit Hales und Duhamel das Experiment seine Wichtigkeit erlangen.

Gleichzeitig mit der Experimentalphysiologie beginnt nun auch der weitere Ausbau der phytopathologischen Systeme.

Die Geschichte der Systematik der Pflanzenkrankheiten behandelt Seetzen[1]), dem wir hier folgen.

Demnach finden wir bereis ein fertiges System bei Tournefort[2]), dessen erste Klasse die Krankheiten aus innern Ursachen zusammenfaſst gegenüber der zweiten Klasse, der durch äuſsere Ursachen hervorgerufenen Krankheiten. Zur ersten Klasse rechnet er 1) La trop grande abondance du suc nourricier; 2) le défaut ou manque de ce suc; 3) quelques mauvaises qualités qu'il peut acquérir; 4) la distribution inégale dans les différentes parties des plantes. In der zweiten Klasse befinden sich: 1) La grêle; 2) la gelée; 3) la moisissure; 4) les plantes, qui naissent sur d'autres plantes; 5) la piqueure des insectes; 6) différentes tailles ou incisions, que l'on fait aux plantes.

Die Anschauungen Tournefort's finden wir in unsern heutigen Systemen wieder. Denn wir gruppieren die Krankheitsfälle nach Wasser- und Nährstoffüberschuſs und -mangel, nach Schäden, die durch Witterungsextreme (Frost, Hagel) hervorgerufen werden, usw. Ebenso behandeln wir als gesonderten Abschnitt die Wunden und die hier bei Tournefort zum ersten Male auftretenden parasitären Krankheiten.

Weniger glücklich ist das kurz nach dem Tournefort'schen erschienene System von Zwinger[3]), das ebenfalls zwei Hauptgruppen annimmt: 1) Allgemeine, 2) spezielle Krankheiten. Die erste umfaſst: La gangrène — le desséchement — la surabondance de suc — le branchage excessif — une espèce de galle, qui manche l'ecorce. In der zweiten Hauptgruppe finden wir: Le desséchement des racines — la separation de leur écorce — la grosseur excessive des racines, qui retienent tout le suc de la plante — les excroissances — les coups et les blessures. Aus der Sonderung der nahe verwandten Erscheinungen ersehen wir, daſs der Verfasser sein Material nicht beherrschte.

Eine dem Laien leicht faſsliche Anordnung befolgt das Eysfarth'sche System[4]), das als Einteilungsmodus die verschiedenen Lebensalter der Pflanze benutzt. In der ersten Klasse werden die Krankheiten der Keimungsperiode, in der zweiten die der eigentlich vegetativen Zeit und in der dritten die Störungen der Sexualperiode abgehandelt. Innerhalb jeder Klasse werden die Einflüsse der Witterungsextreme, die Tierbeschädigungen und sonstigen Verwundungen besprochen, und es figuriert auch bereits ein Kapitel „a rubigine aut pruina". Die ein-

---

[1]) Systematum generaliorum de morbis plantarum brevis diiudicatio. Publico examini submittit Ulricus Jasper Seetzen. Gottingae MDCCLXXXIX.

[2]) Observations sur les maladies des plantes par M. Tournefort. Mém. de l'Ac. Roy. des Sciences à Paris 1705, p. 332.

[3]) Jo. Jac. Zwingeri, Diss. med. inauguralis de valetudine plantarum fecunda et adversa. Basileae 1708.

[4]) Christ. Sigismund Eysfarth, Diss. phys. de morbis plantarum. Lipsiae 1723. 4°.

gehende Klassifizierung zeigt, dafs der Verfasser die Materie gut durchgearbeitet hat.

Auf die TOURNEFORT'sche Einteilung greift das System von ADANSON[1]) zurück, indem es als erste Hauptgruppe die „maladies dûes à des causes externes“, als zweite die „maladies dûes à des causes internes“ aufstellt. Man merkt in der Einteilung bereits die Fortschritte der mikroskopischen Untersuchungen und die steigende Aufmerksamkeit, die den parasitären Pilzen zugewendet wird. Denn in der ersten Hauptgruppe beschäftigen sich die einzelnen Kapitel z. B. bereits mit: Le givre ou Jivre (*Erysiphe Fabricii*) — la rouille ἐρύσιφη Theophr., *Rubigo*) — le charbon (*Ustilago*) — la pourriture (*Caries* Fabr.) usw.

Der Autor stützt sich vielfach auf die Terminologie von FABRICIUS, der wahrscheinlich schon vor Erscheinen des Gesamtsystems in einzelnen Abhandlungen seine Studien niedergelegt hatte. Denn das vollkommene System wurde erst im Jahre 1774[2]) publiziert.

FABRICIUS stützt sich sicherlich auf eigene Beobachtungen. Man merkt dies weniger aus der Aufstellung der Hauptgruppen als aus den Unterabteilungen der einzelnen Kapitel, bei welchen unter der äufserlich gleichen Erscheinung eine Gliederung der Fälle nach den verschiedenen Ursachen bereits begonnen wird. So sehen wir beispielsweise in der ersten Hauptgruppe: „Ufrugtbargiórende Sygdomme“, d. h. den zur Unfruchtbarkeit führenden Störungen, einen Abschnitt „Dovhed“, was wir mit Bleichsucht oder Gelbsucht übersetzen möchten. Dieselbe wird gegliedert in D. af Regn. af Kulde. af Rôg usw. Bemerkenswert ist die Beobachtung, dafs aufser Regen, Kälte und andern Faktoren auch eine Gelbsucht durch Rauch hervorgebracht werden kann. In der zweiten Hauptgruppe: „Udtærende Sygd.“, also den Atrophien, findet sich im Abschnitt „Quælelse“ die Verspillerung (Etiolement) durch „stedets Indslutning“ (dichter Stand) und durch Mangel „paa Lys“ (Lichtmangel), durch Schlingpflanzen und Insektenbeschädigungen. Von diesen Erscheinungen wird eine andere Gruppe: „Tæring“ (Tabes, Jaunisse bei ADANSON) abgetrennt, wo die Vergilbung durch Nährstoffmangel, durch ungeeignete Bodenverhältnisse, durch zu starke Verdunstung nach dem Verpflanzen usw. besprochen wird. Die dritte Hauptgruppe beschäftigt sich mit „Flydende Sygdomme“, also den Saftflüssen, wozu der Honigtau gerechnet wird. In der vierten Gruppe befinden sich die „Raadnende Sygdomme“, was unserer Auffassung nach die Weichfäulen, die verjauchenden Bakteriosen oder Rotze bezeichnen dürfte. Unter den Ursachen figurieren auch die „Snylte-Planterne“, also die parasitären Pflanzen. In der fünften und sechsten Gruppe werden die Wunden, Frostspalten, Gallen und Monstrositäten abgehandelt.

Im Jahre 1779 erschien in deutscher Übersetzung das ZALLINGERsche[3]) System mit dem deutlichen Bestreben, die Terminologie der Medizin auf die Pflanzenpathologie zu übertragen. ZALLINGER nimmt

[1]) ADANSON, Sur les maladies des plantes; in „Familles des plantes“. Tom. I, p. 42. 1763. 8°.

[2]) Forsög til en Afhandling om Planternes Sygdomme ved JOH. CHRIST. FABRICIUS; ind der kongelige Norske Videnskabers Selskab skrifter femte Deel. Kiôbenh. 1774. Sid. 431 - 492.

[3]) Abhandlung über die Krankheiten der Pflanzen, ihrer Kenntnis und Heilung; aus dem Latein übersetzt von JOH. Grafen v. AAUERSPERG. Augsburg 1779. 8°.

fünf Klassen an: 1) *Phlegmasiae* oder Entzündungskrankheiten: 2) *Paralyses seu debilitates*, das sind die lähmenden Gichten oder Entkräftungen: 3) Abflüsse und Ausleerungen; 4) *Cachexiae*, üble Leibesbeschaffenheit: 5) Hauptmängel der Teile.

Um die Auffassung des Autors zu kennzeichnen, suchen wir nach der Krankheit, die wir nebst Brand als leitendes Beispiel in unserer ganzen Darstellung benutzen, nämlich nach dem Krebs. Zallinger stellt denselben in die Klasse der Cachexien zur Unterabteilung der Beulengeschwüre, zu denen er die Rhachitis oder Unterwachs, die Leontiasis oder Rauhwarzen an der Haut u. a. rechnet. Den Brand, *Gangraena s. Sphacelus*, erwähnt er als anormale Cachexie neben Phthiriasis oder der Laussucht und der Vermiculatio, der Erzeugung von Würmern. Man kann aus dieser Gruppierung schliefsen, dafs der Autor sich dabei von dem häufig gemeinsamen Auftreten der Erscheinungen hat leiten lassen; denn die toten Rindenstellen bieten einen bevorzugten Ansiedlungsherd für Insekten. Das, was wir jetzt als Getreidebrand bezeichnen, finden wir als Ustilago oder Mifsgeburt des Samens in der Klasse der Ausleerungen. Fabricius hatte den „Kraebs“, *Cancer*, in die Klasse der Fäulniskrankheiten gebracht.

In seiner Anleitung zur Kenntnis der Pflanzen veröffentlichte Batsch[1]) auch eine Übersicht der Krankheiten, welche er in solche einteilt, die in „Verderbnis der festen und flüssigen Theile“, also in der Konstitution der Pflanze begründet sind, und in solche, welche „durch Thiere und Gewächse“ verursacht werden.

Man würde sich aber täuschen, wenn man unsere kryptogamen Parasiten in letzterem Abschnitte suchen wollte. Dieselben finden sich vielmehr in der ersten Klasse, getreu der schon bei Zallinger deutlich zutage tretenden Überzeugung (s. Ustilago), dafs die parasitären Organismen nichts Selbständiges, sondern nur Entwicklungsformen der höheren Pflanzen sind. So hat Batsch unter den Konstitutionskrankheiten eine Gruppe: „Brandige Veränderung des Wesens“, deren erste Familie die Erscheinungen umfafst, wo der Zerfall des Gewebes in ein Pulver „Brand, Ustilago“, stattfindet. Die zweite Familie enthält die Umformung der Gewebe in eine „schwammige Masse (Mutterkorn, *Clavus*)“.

Diese Anschauungsweise gelangt nun für die nächste Zeit zur Herrschaft, wie wir im folgenden Abschnitt sehen werden.

Durch die Arbeiten der erwähnten Autoren und die Erfahrungen auf dem Gebiete des praktischen Gartenbaues sowie durch das grofse Aufsehen, das der von William Forsyth 1791 erfundene und allgemein überschätzte Baumkitt hervorgerufen, war die Überzeugung von der wirtschaftlichen Bedeutung der Pflanzenkrankheiten in so weite Kreise gedrungen, dafs nunmehr spezielle Bücher über diese Disziplin erscheinen konnten.

Schon das Jahr 1795 macht uns mit drei derartigen Werken bekannt. Das erste, von Plenk[2]) geschriebene, behandelt die Krankheiten der sämtlichen damals wichtigen Kulturpflanzen und basiert

[1]) A. J. G. C. Batsch, Versuch einer Anleitung zur Kenntniss und Geschichte der Pflanzen usw. I. Theil. Halle 1787. S. 284.

[2]) Plenk, Physiologie und Pathologie der Pflanzen. Wien 1795.

auf eingehender Beobachtung. Betreffs unseres leitenden Beispiels, des Krebses, berichtet der Autor folgendes: „Ein schwammigter großer Auswuchs an einer Stelle des Stammes, aus der auch bei der dörrsten Witterung eine ätzende Feuchtigkeit ausfließt, die den ganzen Umfang der Geschwulst auffrißt. So wurde eine *Pyrus Cydonia*, an die ein Sumpf grenzte, von dem Baumkrebs befallen, indeß die andern, an einem höhern Ort gepflanzten Quittenbäume gesund blieben. Der Nahrungssaft wird, wie es scheint, von der Schärfe des stehenden Wassers so ätzend, daß er die Gefäße des Baumes auffrißt. Die Arten des Baumkrebses sind nach Verschiedenheit des Sitzes zweierlei: 1) Der offene Baumkrebs. Wenn die Krebsknoten an der äußern Oberfläche der Rinde erscheinen. 2) Der verborgene Krebs, wenn sich zwischen der Rinde und dem Holze eine scharfe krebsartige Jauche ansammelt, aber nirgends aus der Rinde fließt. In beiden Fällen fällt der Baum in eine unheilbare Schwindsucht, wofern man nicht sogleich die mit dem Krebs behaftete Stelle ausschneidet und die Wunde mit dem Wundkitt verklebt.“ Bei dem Brande unterscheidet PLENK einen trocknen und feuchten Brand; unter ersterem versteht er „eine schwarze und dürre Verwelkung der Blätter oder eines andern Theiles einer Pflanze“ und als „feuchten Brand“ bezeichnet er die „feuchte und weiche Ausartung der Pflanzen in eine fauligte Jauche“.

Fast denselben Wortlaut bei der Erklärung des Krebses finden wir in dem sonst viele eigne Beobachtungen aufweisenden Buche von SCHREGER[1]). Bezüglich der Brandercheinungen, wobei die Rinde oder andere Teile des Baumes schwarz und mürbe aussehen und sich verzehren, sagt er: „Dergleichen schwarze Flecken der Rinde fressen immer mehr um sich und greifen auch das Holz an, so daß die erstere endlich als abgestorben abspringt und das letztere dürr, schwarz und wie verbrannt erscheint.“ — Diese Erklärung deckt sich genau mit den Erscheinungen, die wir jetzt wahrnehmen, wenn der Frost stärkere Rindenbeschädigungen veranlaßt, und in der Tat kommt dieser Beobachter auch zu demselben Schlusse betreffs der Ursache: „Zu seiner Entstehung können die Quetschungen durch Schlossen Veranlassung geben; ferner kalte Nachtreife. Mehr schadet noch der Reif in tiefen und feuchten, als in hohen und trocknen Gegenden. Windige Nächte schaden daher weniger, als wann es reift. Wenn die Bäume durch starke Winterkälte erfrieren und eingehen, so ist die Ursache ihres Todes meistentheils ein daher entstandener Brand. Dies geschieht theils, wenn die strenge Kälte im Herbste zu zeitig kommt, wo der Saft in den Bäumen noch in lebhafter Bewegung ist, theils im Frühjahr, wenn die Säfte schon, wie man sagt, eintreten. Der letztere Fall ist der gefährlichste. Mitten im Winter erfrieren sie auch bei sehr großer Kälte selten, es sey denn, daß es den Tag zuvor geregnet habe.“ — Seite 420 und 500 wird von dem Apfel- und Birnbaum gesagt, daß „das Übermaß von fettem, oeligem Dünger leicht den Brand und Krebs erzeugt“, also eine Prädisposition schafft.

Das dritte der im Jahre 1795 erschienenen Bücher, von Ritter v. EHRENFELS[2]), spezialisiert sich noch mehr, indem es nur die Obst-

[1]) Erfahrungsmäßige Anweisung zur richtigen Kenntniss der Krankheiten der Wald- und Gartenbäume. Leipzig 1795.

[2]) Ritter v. EHRENFELS, Über die Krankheiten und Verletzungen der Frucht- und Gartenbäume. Bresslau, Hirschberg und Lissa 1795.

bäume behandelt. Der Autor erklärt, dafs dem Brande alle Baumarten unterworfen wären, und dafs „diese Fäulung, welche sich zuerst in der Rinde und dann im Holze selbst offenbaret“, die gewöhnlichste Baumkrankheit sei, die in einigen Büchern auch als Krebs bezeichnet werde. Die Beschreibung, die v. EHRENFELS gibt, ist so deutlich, dafs sie mit der jetzt als Nectria-Krebs bekannten Erscheinung sofort identifiziert werden kann. Er sagt: „Die Zeichen dieses bösen Zufalls sind daher vor allem eine schwarze oder schwärzliche Rinde, welche oft schon 6 bis 8 Tage nach dieser Erscheinung aufspringt, kleine Rizen bildet und nach und nach ihren Zusammenhang mit dem Stamm des Baumes verliert, so dafs die Rinde an dem Schaft nur locker anklebt. Nach einiger Zeit trennt sich die lockere Rinde ganz und gar vom Stamme los und entblöfst das Holz des Baumes. In dieser Epoche hilft sich freilich die Lebenskraft der kranken Pflanze, wie sie sich nur helfen kann, und stöfst unaufhörlich die feindlichen oder kranken Theile von sich; aber diese Kraft ermattet auch zuletzt, und der Baum stirbt. — Der Baum versucht eine neue Rinde zu bauen — diese Rinde windet sich in mehr oder weniger übereinanderliegenden Falten heraus und sucht sich über die entblöfsten Stellen auszudehnen ....“ Als Ursache gibt Verfasser Verletzungen an, wie z. B. ein unverständiges Ausästen, Insektenbeschädigungen u. dgl.: „ja zuweilen liegt die Anlage zum Brand in der Disposition des Baumes selbst; eine Disposition, die die Bäume von dem Boden, in dem sie aufleben, von ihrer Abstammung und von einer unklugen Kultur erhalten.“ —

In dem zu Anfang des vorigen Jahrhunderts erschienenen Pomologischen Handwörterbuch ergänzt CHRIST[1]) die obigen Mitteilungen durch die Angabe: der Brand „kommt auch vielmahls her vom Verfrieren im Winter“.

Auf eigne Beobachtungen stützt sich ferner BURDACH[2]), der vom Brande sagt: „Diese Krankheit ist eine Folge indirekter Schwäche und entsteht gemeiniglich an solchen Bäumen, welche vorher durch starkes Treiben und Düngen in ihrem Wachsthum beschleunigt worden sind, oder welche man auf einem magern Gartenboden in ein nur oberwärts stark verbessertes Erdreich versetzt hat. Bei Kirschbäumen äufsert sich aus den nämlichen Ursachen auch noch ein anderes Uebel, der Harz- oder Gummiflufs.“

Die Theorie von dem Einflufs des Bodens und der Düngung als einer der hauptsächlichsten Ursachen der Pflanzenkrankheiten tritt nunmehr für einige Zeit in den Hintergrund gegenüber der vielseitigen und ausgedehnten Forschung auf dem Gebiete des Pilzlebens.

Wenn auch das Altertum bereits eine Anzahl efsbarer und giftiger Schwämme kannte, so begann eine aufmerksame Betrachtung und systematische Bearbeitung doch erst im Mittelalter mit der Aufstellung von Systemen des Pflanzenreichs. Nach den Angaben von CORDA (Anleitung zum Studium der Mykologie) war es zuerst ANDREAS CAESALPINUS 1583, welcher in seinem berühmten Buche „De plantis“ die Pilze zusammenstellt. Er beschreibt 16 Gattungen: *Tuber*, *Peziza*, *Fungus*,

[1]) Pomologisches theoretisch-praktisches Handwörterbuch. Leipzig 1802.
[2]) Systematisches Handbuch der Obstbaumkrankheiten. Berlin 1818.

Boletus, Suillus, Prunulus, Prateolus, Familiola, Scoroglia, Fungus marinus, Gallinaceus, Fungus panis similis, Lingua, Digitellus, Igniarius und *Agaricum*. Wie es scheint, sind hier auch Seetiere mit aufgenommen worden.

Nach fast 100 Jahren erschien JOANNIS RAJI, „Methodus plantarum", Londini 1682; 1710 folgte BOËRHAVE mit seinem „Index plantarum horti Lugdano-Batavi", und 1719 trat TOURNEFORT mit seinen „Institutiones Rei herbariae" hervor.

Das Hauptwerk, auf das die jetzige Mykologie noch zurückgreifen mufs, erschien 1729 in MICHELI's „Nova plantarum genera", in welchem auf mehr als 100 Seiten und zwölf Tafeln die Pilze sorgfältigst beschrieben und abgebildet werden. MICHELI ging auch auf die Lebenserscheinungen genauer ein und war der erste, welcher die Anheftung und Aussaat der Sporen beobachtete. Von den beschriebenen Gattungen seien die für die Pflanzenkrankheiten später in Betracht kommenden Namen *Aspergillus*, *Botrytis*, *Puccinia* (jetzt *Gymnosporangium*), *Mucor* und *Lycogala* genannt.

In schneller Reihenfolge erscheinen dann: „Methodus fungorum" von GLEDITSCH (1753), die „Fungorum agri ariminensis historia" von BATTARA (1755), in welcher bereits ein besonderes Kapitel die Nützlichkeit und Schädlichkeit der Pilze behandelt. Die scharfe systematische Beschreibung der einzelnen Gattungen und Arten beginnt mit LINNÉ's „Systema Naturae" (1735), dem „Methodus sexualis", den „Genera plantarum", dem „Corollarium generum" und der „Philosophia botanica", deren dritte Ausgabe, 1790 von WILLDENOW besorgt, eine genaue Aufzählung aller Botaniker bis 1788 enthält. In diesem Werke wird auch eine Anzahl Krankheiten (*Fames, Polysarchia, Cancer* usw.) genannt. In der uns vorliegenden WILLDENOW'schen Ausgabe finden sich S. 245 folgende Bemerkungen über parasitäre Krankheiten: „*Erysiphe* Th. est *Mucor albus*, capitulis fuscis sessilibus, quo folia asperguntur, frequens in Humulo, Lamio, Acere" usw. — „*Rubigo* est pulvis ferrugineus, foliis subtus adspersus, frequens in Alchemilla, Rubo saxatili . . . ." — „*Ustilago*, cum fructus loco seminum farinam nigram proferunt. *Ustilago Hordei* C. B. *Ustilago Avenae* C. B." — Es folgen dann noch Notizen über Mutterkorn, Gallen und andere Deformationen, Farbenänderungen usw. — Wichtig für die Pathologie ist, dafs der scharfe Systematiker sich nicht verschweigen kann, dafs eigentlich kein Individuum dem andern gleicht und Klima wie Boden beständig modifizierend auf den Organismus einwirken. Es heifst nämlich in der Philosophia botanica: „Varietates tot sunt quot differentes plantae ex ejusdem speciei semina sunt productae. Varietas est planta mutata a causa accidentali: climate, solo, calore, ventis etc.; reducitur itaque in solo mutata." —

Speziell mit den subterranen Pflanzen beschäftigt sich SCOPOLI's Werk „Dissertationes ad scientiam naturalem pertinentes" (1772). Im Jahre 1780 begann die Herausgabe von BULLIARD'S „Herbier de la France", Paris, in welchem auf 600 farbigen Tafeln die einzelnen Gattungen (darunter *Mucor, Trichia, Sphaerocarpus, Nidularia, Hypoxylon*) abgebildet werden.

Nachdem 1783 in Jena BATSCH' „Elenchus fungorum" und 1788 bis 1791 BOLTON's „Historia fungorum, circa Halifax sponte nascentium" erschienen waren, in welchen nur die LINNÉ'schen Gattungen sich wiederfinden, kam 1790 die wertvolle, an eigenen Beobachtungen reiche Arbeit TODE'S: „Fungi mecklenburgenses selecti", in Lüneburg heraus. Die

äufserst sorgsamen Abbildungen umfassen unter anderem die Gattungen *Acrospermum*, *Stilbum*, *Ascophora*, *Tubercularia*, *Helotium*, *Volutella*, *Hysterium*, *Vermicularia*, *Pilobolus*, die wir jetzt bei den Krankheitserregern wiederfinden. Auch A. v. HUMBOLDT hat in seinem „Florae fribergensis specimen" (1793) eine gröfsere Anzahl Gattungen beschrieben.

Aber alle diese Arbeiten sind gleichsam nur als „Beiträge" zu bezeichnen. Eine zusammenfassende, methodische Systematik lieferte erst PERSOON's für lange Zeit mafsgebende „Synopsis methodica" (Göttingen 1801). In England erschien von 1797 bis 1809 ein 439 Tafeln geschätzter Abbildungen bietendes Werk von JAMES SOWERBY unter dem Titel „Coloured figures of english Fungi or Mushrooms".

Immer mehr neigen sich nun die Mykologen den mikroskopischen Pilzformen zu, wenn auch die damalige Optik genauere Studien noch versagte. Dies bezieht sich zunächst auf die in den „Schriften naturforschender Freunde zu Berlin" (3. Jahrgang 1809/10) veröffentlichte Arbeit von LINCK: „Observationes in Ordines plantarum naturales" und auf das an Kopien aus früheren Büchern reiche Abbildungswerk von NEES v. ESENBECK: „System der Pilze und Schwämme", Würzburg 1817, das eine Zusammenstellung „der Ansichten der tiefern Vegetationsstufen, in geschichtlichen Fragmenten" enthält. Wir finden darin auch die Aussprüche der Forscher, welche für die Urzeugung eintreten, und der Autor selbst, wenn wir die schwülstige naturphilosophische Darstellung recht verstehen, fafst die parasitären Pilze in ihren niedrigsten Gruppen als aus der Mutterpflanze selbst hervorgehende Gebilde auf. So sagt er beispielsweise von den Entophyten: „Ihr eigenster Charakter ist, dafs sie dem überfüllten oder erschöpften Leben angehören und sich, ohne aufs Ganze sich ausbreitende Entmischung, ursprünglich nur an einzelnen, aus dem Gesammtleben heraus in die Besonderheit gebildeten Stellen, gewöhnlich, doch nicht immer, zuerst unter der gemeinschaftlichen Bedeckung, entwickeln. Die Abhängigkeit der infusoriellen Zelle von dem höhern Organismus offenbart sich hier stets durch ihr Aufsitzen mittelst eines mehr oder minder verlängerten Stiels. Die Zelle wächst erst, ehe sie sich freimacht, und die Verlängerung an ihrem Grunde ist der Ausdruck des nicht plötzlich, sondern organisch aufgehobenen Polaritäts-Verhältnisses, das durch die Hauptpflanze in sie übertritt." Bei der Gattung *Cyathus* (S. 141) heifst es: „Der ganze Stamm, den wir beschrieben, ist nur ein der Erde entsprossener Staubfaden. Der Staub des Staubpilzes erzeugt sich selbst . . . ."

Nunmehr erscheint das klassische Werk von ELIAS FRIES[1]), mit seinen für die damalige Zeit scharfen Gattungs- und Artdiagnosen die ganze bekannte Formenwelt des Pilzreichs umfassend.

Die Literatur beginnt nun durch Einzelarbeiten und wissenschaftliche sowie praktische, den Acker- und Gartenbau umfassende Handbücher und Schriften, welche die Krankheiten berühren (TESSIER, JÄGER, HOPKIRK, Lehrbücher von WILLDENOW, NEES, DE CANDOLLE, WENDEROTH, REICHENBACH, RE, KIESER), derart zu wachsen, das wir nur noch die für die Geschichte der Pathologie markantesten Erscheinungen hervorzuheben vermögen.

Zu diesen gehört in erster Linie F. UNGER[2]), der das Ergebnis

---

[1]) Systema mycologicum T. I bis III. Lundae 1821, Gryphiswaldiae 1829 bis 1832. — Elenchus Fungorum. Gryph. 1828.

[2]) Die Exantheme der Pflanzen und einige mit diesen verwandte Krankheiten der Gewächse. Wien 1833.

äufserst fleifsiger und gewissenhafter Studien in seinen „Exantheme der Pflanzen“ 1833 veröffentlichte. Der in einem kleinen abgelegenen Alpentale lebende Arzt gibt in einer Anzahl sehr sauber und naturgetreu selbstgezeichneter Abbildungen seine Beobachtungen wieder und baut auf dieselben seine Lehre von den Krankheiten auf. „Die meisten Krankheiten der Pflanzen spielen in den Säften . . . . Die fehlerhafte Ausbildung und die zahlreichen Abnormitäten im chemischen Vorgange des Nahrungssaftes, sowie ähnliche Fehler des höher belebten Lebenssaftes, sind die Ursache von unzähligen Krankheiten, die sich durch mangelhafte Ausbildung der Pflanzensubstanz, durch Anhäufung von Excretionsstoffen, durch Auflockerung des Parenchyms, durch veränderte Beschaffenheit der Sekreta usw. oder durch Zustände von entgegengesetztem Charakter äufsern. Überhaupt dürfen die meisten quantitativ und qualitativ veränderten Vorgänge der pflanzlichen Chylopoese als die Quelle von Krankheiten angesehen werden, die sich mehr durch veränderte Substanz als durch Alienation der Form zu erkennen geben. Der Culturstand, in den ein grofser Theil der Pflanzen versetzt wird, wirkt so nachtheilig auf den Organismus, dafs wenigstens der gröfste Theil solcher Pflanzen krank genannt zu werden verdient . . . .“

Während wir nach diesen Darlegungen vermuten müssen, dafs der Autor die Krankheiten als Funktions- und Bildungsabweichungen im Haushalt des Organismus auffassen würde, kommt Unger zu der Ansicht, dafs die Krankheit etwas Fremdartiges sei. „Denn wie sich das Kosmische, Elementarische als Älterliches oder Vorbildliches zu dem Organischen, Kindlichen, Gegenbildlichen verhält, ebenso der Organismus zur Krankheit, die nichts anders als ein zweyter, niederer Organismus ist, dessen Elemente schon in einem andern höhern verborgen liegen.“ In dieser Anschauung liegt die Fortbildung des von Batsch geäufserten Gedankens über das Wesen der parasitären Organismen.

„Zu den Krankheiten der Gewächse, sagt Unger, „die am wenigsten Selbstständigkeit verrathen, die in ihrer Wurzelgestalt noch so innig mit demjenigen Organismus, den sie befallen, verwebt sind, gehören ohnstreitig die Formen, die wir mit Bleichsucht (étiolement), Wassersucht (anasarca), Gelbsucht (icterus), Windsucht (timpanitis), Tabescenz, Mifswachs, den Profluvien u. a. m. bezeichnen, und welche bei weitem die Mehrzahl ausmachen. Gröfsere Selbstständigkeit zeigt das ungeheure Heer von Mifsbildungen, denen immer Fehler der Säftemasse und dadurch ein Verweilen auf tiefern Bildungsstufen zu Grunde liegt. Ueber diese erhebt sich der Honigthau (*Saccharogenesis diabetica*), dessen pathischen Prozess zuerst L. Treviranus und seine universellere Bedeutung Dr. H. Schmidt erkannten. Verwandt mit diesem ist unstreitig der Mehlthau; das höhere Organisationsbestreben der ausgeschwitzten Säfte offenbart sich hier durch organische Bildungen, die dem Honigthau noch fehlen. Noch selbstständiger werden diese organischen Bildungen im Rufsthaue (*Fuligo vagans*). Endlich tritt der Krankheitsorganismus in den Exanthemen und den ihnen verwandten Formen als eigenartiges geschlossenes Ganzes hervor . . . . . Hierher gehören die Parasiten; die höchsten unter ihnen, wie einige Arten von *Loranthus*, scheinen sich vom Mutterkörper gänzlich losgerissen zu haben.“ —

Unger's Anschauungen teilen auch Nees v. Esenbeck und A. Henry[1]), die betreffs der Staubpilze erklären: „. . . . die Pilze stehen hier deutlich auf der tiefsten Stufe . . . .“ „Mit Recht betrachtet man sie als Krankheitsstoffe, als Exantheme der höheren Pflanzen.“ „Es bildet sich im allgemeinen der Blattpilz durch eine Coagulation der in die Intercellulargänge ergossenen Säfte.“

Unter dem Einflufs dieser Ansicht schrieb auch Theodor Hartig seine Arbeit über die Rot- und Weifsfäule der Kiefer, bei der er zuerst die Mitwirkung von Pilzen (Nachtfasern, *Nyctomyces*) feststellte[2]). Die Entstehung dieser Pilze führte er auf einen Zerfall der Zellwandungen zurück.

Von den Werken, die mehr die allgemeinen Konstitutionskrankheiten ins Auge fassen und die Pilze kaum berühren, nennen wir die von Geiger[3]) und Lindley[4]), die im wesentlichen sich auf praktischen Erfahrungen aufbauen. Dagegen zeigt wiederum Wiegmann[5]), dafs seine Angaben sich auf mikroskopische Studien stützen und hierbei auch die Chemie ihre Berücksichtigung findet. Beispielsweise gibt er an, dafs die Jauche des Brandes sowohl als des Krebses Gallert- und Humussäure, aber die des Brandes mehr Gallertsäure enthalte. Beide Krankheiten erscheinen ihm nicht parasitärer Natur, und der Krebs (*Caries*, *Necrosis*) entstehe immer „aus Stockung und Verderbniss der Säfte, selbst wenn dieselben nie im Überflufs vorhanden waren“. — Unter den Ursachen finden wir Wurzelverletzungen, Frostbeschädigungen und ungünstige Bodeneinflüsse, wie z. B. „wenn der Untergrund nafs, sauer, steinig oder sonst unfruchtbar ist, oder gar Raseneisenstein (Ortstein) enthält“.

Nachdem mittlerweile das grofse Pilzwerk von Corda[6]) zu erscheinen begonnen, tritt Meyen's[7]) Pflanzenpathologie als mafsgebendes Buch, das auch jetzt noch zu Rate gezogen zu werden verdient, hervor. Er teilt die Materie in „Äufsere Krankheiten“ und „Innere Krankheiten“.

Zu den ersteren rechnet er aufser den Verwundungen durch Menschen und Tiere, Maser- und Gallenbildungen auch die phanerogamen und kryptogamen Parasiten, von denen Ustilagineen und Uredineen sowie andere Pilze nach dem damaligen Standpunkt ausführlich abgehandelt werden. Meyen teilt nicht mehr den Unger'schen Standpunkt, dafs die Parasiten als Afterorganismen das Produkt einer in jeder Pflanze ruhenden Bildungsrichtung, der Krankheit, seien und je nach der Beschaffenheit und Kraft des Nährorganismus in einer mehr oder weniger entwickelten Gestalt und Selbständigkeit zutage treten. Im Gegenteil hebt seine Pflanzenpathologie bei Besprechung der Brandpilze speziell hervor: „Die Beobachtungen über die Entstehung des

---

[1]) Das System der Pilze, I. Abt. Bonn 1837.

[2]) Abhandlung über die Verwandlung der polycotylen Pflanzenzelle in Pilz- und Schwammgebilde und die daraus hervorgehende sogenannte Fäulniss des Holzes. Berlin 1833.

[3]) Die Krankheiten und Feinde der Obstbäume. München 1825.

[4]) The Theory of Horticulture. London 1840.

[5]) Die Krankheiten und krankhaften Mifsbildungen der Gewächse von Dr. A. F. Wiegmann sen. Braunschweig 1839.

[6]) Icones Fungorum hucusque cognitorum. Prag 1837 bis 1854.

[7]) Pflanzenpathologie. Lehre von dem kranken Leben und Bilden der Pflanzen. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von Dr. Gottfr. Nees v. Esenbeck. Berlin 1841.

Brandes zeigen auf das deutlichste, dafs wir es hier mit wahren Entophyten zu tun haben; wir werden sehen, wie sich einige Brandarten als eigne parasitische Gewächse im Innern der Zellen der von ihnen befallenen Pflanzen zeigen und dafs man die Brandmasse nicht mit dem thierischen Eiter zu vergleichen hat."

Der Haupttitel für MEYEN'S „Pflanzenpathologie" lautet eigentlich: „Handbuch der Pflanzenpathologie und Pflanzenteratologie. Herausgegeben von Dr. CHR. GOTTFR. NEES V. ESENBECK. I. Bd. Pflanzenpathologie." Nach diesem Titel wäre ein zweiter Teil, nämlich eine Teratologie, noch zu erwarten gewesen. MEYEN selbst hatte die Absicht, eine solche zu bearbeiten, aber nach den Mitteilungen des Herausgebers kein literarisches Material dafür hinterlassen. Als NEES V. ESENBECK nun selbst eine Bearbeitung vornehmen wollte, erschienen die „Eléments de Tératologie végétale, ou Histoire abrégée des anomalies de l'organisation dans les végétaux; par A. MOQUIN TANDON, Doct. scienc. et méd. etc., directeur du jardin des plantes de Toulouse. Paris 1841". Als Vorgänger dieses Werkes sind zu nennen C. F. JAEGER: „Über die Mifsbildungen der Gewächse". 1814, und THOM. HOPKIRK: „Flora anomala", 1817. Wir ersehen aus der deutschen Übersetzung von MOQUIN TANDON's Werk[1]), dafs der Übersetzer, C. SCHAUER, als Spezialist in der Lage war, manche Mifsverständnisse und Fehler des Autors, namentlich in den deutschen Citaten, zu berichtigen und Ergänzungen aus eigenen Beobachtungen zu geben. MOQUIN TANDON sagt: „Unter dem Ausdruck Mifsbildungen, Monstrositäten (*Monstra*) versteht man meist angeborene, mehr oder weniger bedeutende und complicirte Abweichungen von dem Typus einer Art, welche fehlerhafte Entstellungen hervorrufen und dem regelmäfsigen Gange der Funktionen hinderlich oder hemmend entgegentreten." Besser würde uns die Definition von DE CANDOLLE (Théor. élément. 1. éd. p. 406) gefallen, wonach Monstrosität jede Störung der Ökonomie eines Gewächses ist, welche eine Formveränderung der Organe nach sich zieht und aus einer inneren Anlage, fast niemals aus einer sichtbaren Ursache entspringt.

Das Werk von MOQUIN TANDON ist wegen seiner ausgezeichneten Literaturnachweise auch jetzt noch jedem Spezialisten unentbehrlich. —

Um diese Zeit erhält die Lehre von den Infektionskrankheiten einen neuen Anstofs durch das Überhandnehmen der Kartoffelkrankheit, die auch jetzt noch als einer der gefürchtetsten Feinde unserer Landwirtschaft eine besondere Aufmerksamkeit in Anspruch nimmt und als Kraut- oder Phytophthorafäule in den Lehrbüchern beschrieben wird. Eine der ersten Publikationen darüber verdanken wir MARTIUS[2]), und entsprechend den äufserst schweren Schädigungen des Nationalvermögens durch diese Krankheit folgt von da ab eine Flut von Veröffentlichungen,

[1]) Pflanzenteratologie. Lehre von dem regelwidrigen Wachsen und Bilden der Pflanzen. Von A. MOQUIN TANDON. Übersetzt und mit Zusätzen von Dr. J. C. SCHAUER. Berlin 1842.

[2]) Die Kartoffelepidemie der letzten Jahre. München 1842.

von denen wir nur die von FOCKE[1]), PAYEN[2]), SCHACHT[3]), SPEERSCHNEIDER[4]), v. HOLLE[5]), KÜHN[6]) und DE BARY[7]) hervorheben wollen. (Weitere Literaturnachweise finden sich bei der speziellen Besprechung der einzelnen Krankheiten.)

Dafs eine derartige Erscheinung wie die Kartoffelepidemie die Pilzkrankheiten in den Vordergrund drängen und die gesamte Mykologie befruchten mufste, war selbstverständlich, zumal auch die ökonomische Wichtigkeit der Brandpilze immer gröfsere Beachtung zu finden begann. Schon früh hatten TILLET[8]), TESSIER[9]) und PRÉVOST[10]) den Getreidebrand studiert, und die neue Zeit hat durch DE BARY's[11]) Untersuchungen und BREFELD's vieljährige Studien einen bedeutend erweiterten Einblick in das Wesen dieser Krankheiten und auch über die Mittel zu ihrer Bekämpfung erlangt. Von den Brandkrankheiten aus hat sich vornehmlich die jetzt übliche Methode der Saatgutbeize entwickelt.

Indem wir betreffs der überwältigend reichen mykologischen Arbeiten auf den speziellen Teil des Buches, der die parasitären Krankheiten behandelt, verweisen, wollen wir hier nur zu einigen der hauptsächlichsten, die gesamten Pilzfamilien behandelnden Arbeiten zurückkehren. Des grofsen Werkes von ELIAS FRIES, das 1832 vollendet wurde, ist bereits gedacht worden. Im Jahre 1831 erschien der erste, 1833 der zweite Teil von WALLROTH's Kryptogamenflora[12]), in welcher die Zellkryptogamen von MATH. JOC. BLUFF und CARL ANT. FINGERHUTH bearbeitet worden sind. Im Jahre 1842 begann RABENHORST's Kryptogamenflora[13]), 1851 BONORDEN's Handbuch der Mykologie[14]), das durch seine Abbildungen der mikroskopischen Pilzformen, obgleich dieselben in den Kupferwerken von SCHÄFFER, PERSOON, GREVILLE, SOWERBY, STURM, KROMBHOLZ und NEES sen. schon reichlich berücksichtigt worden waren, sich dennoch seinerzeit sehr nützlich erwies. Zwar existierten auch bereits die „Icones fungorum" von CORDA und seine mit sehr kleinen Zeichnungen versehene, früher erwähnte Anleitung zum Studium der Mykologie[15]), allein, abgesehen von der Eigenart seines Systems, beschränkte sich CORDA mehr auf die bequem sichtbaren Entwicklungsstadien, während BONORDEN eingehender den Bau der Gewebe festzustellen suchte. Dieser Autor betont UNGER gegenüber, dafs die parasitären Pilze unbedingt selbständige Organis-

---

[1]) Die Krankheit der Kartoffeln im Jahre 1845. Bremen 1846.

[2]) Les maladies des pommes de terre, des betteraves, des blés et des vignes. Paris 1853.

[3]) SCHACHT, Bericht über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten. Berlin 1854.

[4]) Das Faulen der Kartoffelknollen. Flora 1857. Bot. Z. 1857.

[5]) Über den Kartoffelpilz. Bot. Zeit. 1858.

[6]) Die Krankheiten der Kulturgewächse, ihre Ursachen und Verhütung. Berlin 1858.

[7]) Die Kartoffelkrankheit. Leipzig 1861.

[8]) Dissert. sur la cause qui corrompt les graines de blé, 1755.

[9]) Traité des maladies des graines, 1783.

[10]) Mémoire sur la cause de la carie des blés, 1807.

[11]) Untersuchungen über die Brandpilze. Berlin 1853.

[12]) Flora cryptogamica Germaniae auctore Ferd. Guil. Wallrothio, Med. et Chir. Doctore etc. Norimbergae 1831—33.

[13]) Kryptogamenflora von Deutschland, Bd. I. Leipzig 1844. 2. Aufl. I—VII 1884—1903.

[14]) Handbuch der Allgemeinen Mykologie usw. mit 12 Taf. Abb. Stuttgart 1851.

[15]) Anleitung zum Studium der Mykologie nebst kritischer Beschreibung aller bekannten Gattungen. Prag 1842.

men wären, behauptet aber, „dafs die Spaltöffnungen es sind, welche die Sporen aufnehmen und in den damit in Verbindung stehenden Lufthöhlen zur Entwicklung bringen". Er sagt, dafs Algen, Flechten und Moose, welche keine Spaltöffnungen haben, und ebenso junge Zweige und Äste frei von Parasiten sind. Betreffs der Wirksamkeit der Parasiten äufsert er sich dahin, dafs sie „zunächst eine Hypertrophie und Degeneration der belasteten Theile verursachen; wo sie aber nur vereinzelt vorkommen, wird die Vegetation der Blätter dadurch gar nicht gestört". Nach ihm ist trocknes Wetter der Verbreitung der Parasiten wesentlich förderlich, „weil dieses die Verstäubung der Sporen begünstigt, weshalb *Caeoma* und *Phragmidium* nie häufiger als in trocknen Sommern gefunden werden, auch das den Saaten so verderbliche *Caeoma cerealium*, der gelbe Kornbrand, der im Jahre 1846 so vielen Schaden anrichtete."

Mit Kühn's „Krankheiten der Kulturgewächse" (Berlin 1858) vollzieht sich der von Meyen bereits angestrebte Zweck der Verschmelzung wissenschaftlicher Studien mit den praktischen Erfahrungen behufs Behandlung der Pflanzenkrankheiten in der glücklichsten Weise. So notwendig und so hervorragend die rein wissenschaftlichen Untersuchungen in den einzelnen Gebieten der Phytopathologie auch immer sein mögen, so erhalten sie doch erst ihre volle Bedeutung durch eine Prüfung im praktischen landwirtschaftlichen Betriebe. Nur in der praktischen Kultur kann man die Hauptfrage lösen, ob die Verhältnisse in der freien Natur dieselbe Entwicklung von Parasiten oder andern Krankheitserregern ebenso zulassen, wie sie sich im Laboratorium gezeigt hat. Und darum ist es notwendig, dafs die Phytopathologie sich auf praktischen Kenntnissen des Acker- und Gartenbaues sowie der Forstwirtschaft aufbaue. Die Unterschiede, die in der Medizin sich herausgebildet haben zwischen dem wissenschaftlichen Forscher und dem praktischen Arzte, müssen notgedrungen auch in der Disziplin der Pflanzenkrankheiten sich ausbilden. Die praktische Seite bezeichnen wir als die Lehre vom „Pflanzenschutz".

Die mykologischen Studien gehören zu den unentbehrlichen Grundwissenschaften des Pflanzenschutzes, und daher haben wir dieselben in der Geschichte der Phytopathologie mit möglichster Aufmerksamkeit berücksichtigt. Fortfahrend in diesem Bestreben nennen wir zunächst das meisterhafte Tafelwerk der Gebrüder Tulasne: „Selecta fungorum carpologia", Paris, und das als Sammelwerk willkommene aber mit meist recht groben Abbildungen versehene englische Werk von Berkeley: „Outlines of British Fungology", London 1860. Von besonderem Werte bleiben die Arbeiten von de Bary, deren hierhergehörende Ergebnisse sich in der „Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten", Leipzig 1866 zusammengefafst finden.

Hervorragende Forschungen verdanken wir ferner O. Brefeld durch seine „Untersuchungen über die Schimmelpilze", Leipzig 1871, 72 u. ff., und Cohn durch seine „Biologischen Mitteilungen über Bakterien", Schlesische Ges. f. vaterl. Kultur, 1873, sowie durch seine „Untersuchungen über Bakterien", 1875, und durch andere in den „Beiträgen zur Biologie der Pflanzen" enthaltenen Studien. Cohn hat darin mit Glück die Entwicklungsgeschichte der Bakterien gefördert. Sein Schüler Zopf erweiterte diese Studien wesentlich bereits in dem Werke „Die Spaltpilze", Breslau (3. Aufl. 1885). Von zusammenfassenden Werken aus dieser Zeit sind noch zu nennen: Eidam, „Der gegen-

wärtige Standpunkt der Mykologie mit Rücksicht auf die Lehre von den Infektionskrankheiten", Berlin (2. Aufl. 1872), und ferner Winter, „Die Pilze Deutschlands, Österreichs und der Schweiz", Leipzig 1884. Eine weitere Vervollständigung bringt die Rabenhorst'sche Kryptogamenflora.

Die umfassendste systematische Zusammenstellung der gesamten Pilze bietet P. A. Saccardo's „Sylloge fungorum", dessen XI. Band mit einem „Supplementum universale", Patavii 1895, erschienen ist. Daran schliefst sich im Jahre 1898 Sydow's „Index universalis et locupletissimus nominum plantarum hospitium specierumque omnium fungorum", Berolini. Fratres Borntraeger. Das Buch enthält alle bis 1897 bekannt gewordenen Pilze. Weitere Supplementbände (XIV bis XVI) erschienen 1899 bis 1902 und werden noch fortgesetzt.

Saccardo ergänzte sein grofses Pilzwerk durch 1500 Abbildungen, die von 1877—1886 unter dem Titel „Fungi italici autographice delineati", Patavii, erschienen.

An Stelle der skizzenhaften Zeichnungen dieses Werkes begann A. N. Berlese eine Serie äufserst sauberer, farbiger Abbildungen unter dem Titel „Icones fungorum ad usum Sylloges Saccardianae adcommodatae", Abellini, zu veröffentlichen. Bis zu Heft IV—V, die 1894 erschienen, waren die Sphaeriaceae Hyalophragmiae erledigt. Der Verfasser hat unseres Wissens das Werk nicht vollendet, weil ihn der Tod zu früh dahingerafft hat.

Ebenfalls farbige Abbildungen finden wir in Cooke's „Mycographia seu Icones fungorum", London; das erste Heft erschien 1879 mit Darstellung der Discomyceten.

Das Anwachsen der Arbeiten auf dem Gebiete der Mycelpilze und Bakterien zu einer nicht mehr zu bewältigenden Fülle verbietet hier ein weiteres Eingehen auf die Materie und zwingt uns, auf den seit 1873 erscheinenden „Botanischen Jahresbericht" zu verweisen.

Dafs auch die Teratologie seit Moquin Tandon ihre weitere Entwicklung gefunden hat, ist selbstverständlich. Von Werken, die das Gesamtmaterial behandeln, sind hervorzuheben: M. Masters, „Vegetable Teratology", London 1869, und O. Penzig, „Pflanzenteratologie", systematisch geordnet, Genua 1890—94, das als das vollständigste Nachschlagebuch auf diesem Gebiete bezeichnet werden darf.

Ein weiteres Eingehen auf die mykologische Literatur müssen wir des beschränkten Raumes wegen unterlassen. Der Leser findet aber die gewünschte Ergänzung im zweiten Bande dieses Werkes. Notwendig dagegen bei einer Darstellung des Entwicklungsganges der Disciplin erscheint noch ein kurzer Hinweis auf die zahlreichen Ausgaben natürlichen getrockneten Materials in Herbarienform. Von den Exsikkatenwerken, die speziell sich mit Pflanzenkrankheiten befassen, seien hier angeführt: Thümen, F. v., „Herbarium mycologicum œconomicum", Teplitz 1873—79; Rabenhorst, „Fungi europaei exsiccati", fortgesetzt von Winter und Patzschke; Fuckel, L., „Fungi rhenani exsiccati", zweite Ausgabe, 1874; Eriksson, Jak., „Fungi parasitici scandinavici", Stockholm 1882—1895; Briosi, G., et Cavara, F., „J funghi parassiti delle piante coltivate ed utili essicati, delineati e descritti", Pavia, fasc. I—XII (1897); Krieger, W., „Schädliche Pilze unserer Kulturgewächse", fasc. I, 1896; Seymour, A. B., and Earle, F. S., „Economic fungi", Cambridge. An Rehm's seit vielen Jahren erscheinende Ascomycetensammlung schliefsen sich noch viele neue, die

allgemeine Pilzflora einzelner Länder darstellende Exsikkatenwerke an, wie z. B. die von SACCARDO, SYDOW, VESTERGREN, J. B. ELLIS, JAAP, BUBÁK und KABAT, PÖSCH usw.

Während die Pflanzenkrankheitslehre die teratologischen Erscheinungen nur so weit heranzuziehen versucht, als sie für die einzelnen Vorkommnisse eine bestimmte Störung in den Ernährungs- oder Bauverhältnissen als Ursache nachweisen oder wenigstens vermuten kann, war sie gezwungen, immer eingehender die Tierwelt zu berücksichtigen. Als besonders verbreitete, das ganze Material oder gröfsere Gebiete zusammenfassende Werke, die als Unterlage dienen, sind zu nennen: RATZEBURG, „Die Forstinsekten", Berlin 1839—1844, und: „Die Waldverderbnis", Berlin 1866—68: A. GERSTÄCKER, „Handbuch der Zoologie", II. Bd.: Arthropoden, Leipzig 1863; E. L. TASCHENBERG, „Entomologie für Gärtner und Gartenfreunde", Leipzig 1871, und: „Die der Landwirtschaft schädlichen Insekten und Würmer", Leipzig 1865. Ferner: NÖRDLINGER, „Die kleinen Feinde der Landwirtschaft", Stuttgart 1869, KALTENBACH, „Die Pflanzenfeinde aus der Klasse der Insekten", Stuttgart 1874, und RITZEMA BOS, „Tierische Schädlinge und Nützlinge", Berlin 1891.

Weniger reichhaltig an Material, aber dem praktischen Bedürfnis des Laien mehr angepafst durch seine farbigen Tafeln ist das von C. FRENCH im Auftrage des Ackerbaudepartements von Viktoria herausgegebene „Handbook of the destructive insects", Melbourne 1891.

In demselben Jahre erschien eine kleinere Spezialarbeit über Gallenbildungen von H. R. v. SCHLECHTENDAL: „Die Gallbildungen (Zoocecidien) der deutschen Gefäfspflanzen", Zwickau 1891, und zehn Jahre später ein umfassendes systematisches Werk von G. DARBOUX und C. HOUARD, „Catalogue systématique des Zoocécidies de l'Europe et du Bassin méditerranéen", Paris 1901.

Durch viele sorgfältig ausgeführte Originalzeichnungen empfiehlt sich die „Forstliche Zoologie" von K. ECKSTEIN, Berlin 1897. Speziell dem Gartenbau dienen die populären Schriften von H. v. SCHILLING, von denen wir hervorheben: „Die Schädlinge des Obst- und Weinbaues," „Die Schädlinge des Gemüsebaues," Frankfurt a. O. 1898, und den „Praktischer Ungezieferkalender," Frankfurt a. O. 1902. Ebenfalls dem praktischen Bedürfnis angepafst ist der „Schutz der Obstbäume gegen feindliche Tiere" von E. L. TASCHENBERG (3. Aufl. von O. TASCHENBERG), Stuttgart 1901.

Bei der weiteren Entwicklung der Disziplin des Pflanzenschutzes zeigt sich das Bestreben, für einzelne der hauptsächlichsten Kulturpflanzen Hilfsbücher herzustellen. Als Beispiele führen wir an: EISBEIN, „Die kleinen Feinde des Rübenbaues", 1882, mit sauber ausgeführten farbigen Tafeln, und ferner: EMILE LUCET, „Les insectes nuisibles aux Rosiers sauvages et cultivés en France", Paris 1898, mit zahlreichen Tafeln in Schwarzdruck. Am ausgebildetsten ist die im Dienste des Pflanzenschutzes arbeitende Zoologie in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, wo die Zoologen an den zahlreichen Versuchsstationen der Einzelstaaten, als auch speziell die „Division of Entomology" des Department of Agriculture zu Washington teils durch neue Forschungen, teils durch Verbreitung populärer Abhandlungen die Lehre von den Feinden der Kulturpflanzen ungemein fördern. Eingehendere Hinweise

auf die zoologische Literatur finden sich im dritten Bande dieses Handbuches.

Entsprechend dem immer mehr sich vertiefenden Verständnis für die nationalökonomische Bedeutung der Phytopathologie hat sich seit dem Erscheinen der KÜHN'schen „Krankheiten der Kulturgewächse" die Zahl der Lehr- und Handbücher der Phytopathologie allmählich vermehrt. Zunächst zu nennen sind die Schriften von ÖRSTEDT, „Om Sygdomme hos Planterne, som foraarsages af Snylteswampe, navnlig om Rust og Brand", København 1863. Dem Werke folgten 1865 Mitteilungen des Verfassers über Wirtswechsel der Rostpilze (*Gymnosporangium Sabinae*). Sodann erschien das Buch von HALLIER[1]), der wegen seines besondern Standpunktes in einer Geschichte der Pflanzenkrankheiten eingehender berücksichtigt werden mufs. Diese HALLIERschen Anschauungen, die zu scharfen literarischen Auseinandersetzungen, namentlich mit DE BARY führten, finden sich in späteren Schriften[2]) wiederholt und erweitert. In seinen „Pestkrankheiten der Kulturgewächse" liefert HALLIER eine Reihe von Untersuchungen über die Peronosporeen, und glaubt, damit die Richtigkeit seiner „Plastidentheorie" für alle Zeit begründet zu haben. Bei Gelegenheit der Cholera-Versammlung in Weimar (1868) trat HALLIER zum ersten Male mit der Behauptung auf, dafs die von NÄGELI als Spaltpilze (*Schizomycetes*) zusammengefafsten Formen keine selbständigen Organismen seien, sondern Erzeugnisse des Plasmas verschiedener Fadenpilzgruppen darstellen. Mithin sei die NÄGELI'sche Familie der Spaltpilze aus dem System zu streichen und die gesamten Infektionskrankheiten auf die Wirkung derartiger Plasmaprodukte (Plastiden) zurückzuführen. „Um also den Ursprung der Infektionskrankheiten aufzufinden, hat man bei jeder derselben zu untersuchen, welcher bestimmte Pilz aus seinem Plasma die Kontagionszellen (Bakterien, Mikrokokkus usw.) erzeugt und auf welche Weise das geschieht." Betreffs der durch die *Phytophthora* erzeugten Kartoffelkrankheit wird nicht bestritten, dafs dieser Pilz die Ursache der Krankheit sei, aber er sei es weniger direkt, als vielmehr durch die Bakterien. „Vor allen Dingen habe ich bewiesen, dafs die Bakterien, welche die absolute Ursache der Kartoffelpest sind, von den Plastiden der Phytophthora erzeugt werden, und dafs diese, sind sie erst einmal ausgebildet, zur Erzeugung der Pest durchaus genügen, und es des Mycels und der Knospen der Phytophthora gar nicht mehr bedarf." Seine zahlreichen Untersuchungen führen schliefslich den Verfasser zu der Erkenntnis, dafs bei allen Infektionskrankheiten, menschlichen, tierischen und pflanzlichen, zweifellos drei Momente in Betracht kommen: „1) Absolute Ursache; 2) Äufsere oder allgemeine Begünstigung (Gelegenheitsursache oder Disposition); 3) Persönliche Begünstigung, d. h. Empfänglichkeit des Erkrankenden."

Die Anschauung, dafs bei allen Krankheiten nicht nur die direkte Ursache, sondern auch die früheren, vorbereitenden Stadien und bei den parasitären Angriffen die den Parasiten in seiner Entwicklung begünstigenden Nebenumstände einschliefslich der Disposition des Nährorganismus zu berücksichtigen sind, hatte zuerst SORAUER in seinem „Handbuch der Pflanzenkrankheiten". I. Aufl., Berlin. Paul Parey. 1874.

---

[1]) Phytopathologie. Die Krankheiten der Kulturgewächse. Leipzig 1868.

[2]) Die Plastiden der niederen Pflanzen. Leipzig 1895. – Die Pestkrankheiten (Infektionskrankheiten) der Kulturgewächse. Stuttgart 1895.

in die Phytopathologie eingeführt. Eine weitere Begründung lieferte die zweite Auflage des genannten Werkes (1886) und ein speziell für den Praktiker geschriebener Auszug: „Die Schäden der einheimischen Kulturpflanzen“ 1888. Nur langsam haben diese Ideen sich Bahn brechen können, wie dies die nächstfolgenden Handbücher erkennen lassen. Von diesen nennen wir das durch zahlreiche eigne Forschungen geschätzte: „Lehrbuch der Baumkrankheiten“ von ROBERT HARTIG, Berlin 1882 (II. Aufl. 1889). Die dritte Auflage, in welcher der Verfasser nunmehr rückhaltslos eine Prädisposition anerkennt und eine örtliche, zeitliche, individuelle, erworbene und krankhafte Prädisposition unterscheidet, erschien im Jahre 1900 unter dem Titel: „Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten“, Berlin, Julius Springer. — Als Vorarbeit für diese Lehrbücher anzusprechen ist eine Studie über die Zersetzungserscheinungen des Holzes, die unter dem Titel: „Wichtige Krankheiten der Waldbäume“, Berlin 1874, erschienen war.

Auf das SORAUER'sche Handbuch folgte zunächst eine ausführliche Bearbeitung von FRANK: „Die Krankheiten der Pflanzen“, Breslau 1880 (II. Aufl. 1895). Speziell den forstlichen Kulturpflanzen gewidmet ist das „Lehrbuch des Forstschutzes“ von H. NÖRDLINGER, Berlin 1884. Umfassender und mit einem Atlas versehen ist das Werk von SOLLA, „Note di Fitopatologia“, Firenze 1888, dem eine Arbeit von BRUNCHORST, „De vigtigste Plantesygdomme“, 1887, in Norwegen voranging. In dieses Jahrzehnt fallen auch eine Anzahl beachtenswerter Artikel von JENSEN, von denen (nach ROSTRUP) hier erwähnt sein mag: „Kartoffelsygen kan overvindes ved en let udforlig Dyrkningsmaade“. Kjöbenhavn 1882.

Während die bisherigen Autoren die Krankheiten nach ihren erwiesenen oder angenommenen Ursachen geordnet hatten, trat KIRCHNER mit einem speziell für den praktischen Gebrauch eingerichteten Werke: „Die Krankheiten und Beschädigungen unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen“, Stuttgart 1890, hervor. Hier sind die Krankheiten nach den einzelnen Kulturpflanzen angeführt und nach ihrem dem blofsen Auge entgegentretenden Habitus geschildert. Systematische wissenschaftliche Ergänzungen werden am Ende des Buches zusammengestellt.

Entsprechend der Forschungsrichtung des Verfassers erschien 1895 ein reich illustriertes Werk, das nur die parasitären Krankheiten behandelt: „Pflanzenkrankheiten, durch kryptogame Parasiten verursacht“, von KARL FREIHERR V. TUBEUF, Berlin, Julius Springer. Der Parasitismus wird hier als eine Form der Symbiose dem Verständnis des Lesers nähergebracht und dabei auf eine „innere und eine äufsere“ Disposition zur Erkrankung hingewiesen. Die innere hängt „von dem Zustande der Energie des lebenden Protoplasmas der Wirthszelle“ ab, während die äufsere Disposition „besonders auf anatomischen Verhältnissen basiert“.

In demselben Jahre veröffentlichte PRILLIEUX ein zweibändiges, an eignen Untersuchungen reiches Werk: „Maladies des plantes agricoles et des arbres fruitiers et forestiers“, Paris. Dieses umfassendste Werk der französischen Literatur beschäftigt sich auch nur mit den parasitären Krankheiten. Dieselben werden streng wissenschaftlich behandelt; jedoch wird aufserdem dem praktischen Bedürfnis insofern Rechnung getragen, als die Bekämpfungsmittel berücksichtigt werden.

Der ungeahnte Aufschwung, den die Studien über die Bakterien

infolge ihrer vielseitigen ökonomischen Bedeutung nahmen, machte es notwendig, daſs DE BARY's „Vorlesungen über Bakterien" einer Neubearbeitung und Ergänzung unterzogen wurden. Eine dritte, von MIGULA durch eigne Arbeiten erweiterte und mit genauen Literaturangaben versehene Auflage erschien im Jahre 1900 in Leipzig.

Mittlerweile hatte die stets fühlbarer werdende Notwendigkeit, die praktischen Kreise mit dem Wesen der Pflanzenkrankheiten vertraut zu machen, dahin geführt, daſs die groſse Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft die Herausgabe entsprechender Publikationen in die Hand nahm. Im Jahre 1892 erschien die erste, 1896 die zweite Auflage des „Pflanzenschutz", bearbeitet von A. B. FRANK und P. SORAUER. Die Verfasser strebten die denkbar knappste Darstellung an, gliederten die Krankheiten nach den Nährpflanzen und behandelten jede Krankheit in drei Abschnitten: Erkennung, Entstehung und Bekämpfung. Der Text wurde durch zahlreiche Abbildungen auf farbigen Tafeln ergänzt.

Nach derselben Methode veröffentlichten FRANK eine ausführlichere Bearbeitung unter dem Titel: „Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte", Berlin 1897, und SORAUER ein mit zahlreichen Textfiguren versehenes Werk: „Schutz der Obstbäume gegen Krankheiten", Stuttgart 1900.

Von fremdsprachigen Büchern fällt um diese Zeit die Herausgabe eines durch reichen Tafelschmuck sich empfehlenden Werkes: „De ziekten von het suikerriet op Java" von H. WAKKER und G. WENT, Leiden 1898, nachdem 1896 bereits W. KRÜGER eine Abhandlung über die Zuckerrohrkrankheiten in den „Berichten der Versuchsstation für Zuckerrohr in West-Java, Kagok-Tegal" geliefert hatte. Dieselbe beschäftigt sich eingehend unter gewissenhafter Literaturbenutzung mit der Sereh-Krankheit.

Die Kaffeekrankheiten speziell behandelt DELACROIX in seinem 1900 in zweiter Auflage erschienenen Buche: „Les maladies et les ennemis des Caféiers", Paris. Zwei Jahre später erschien: „Fungus diseases of stone-fruit trees in Australia" by D. MC ALPINE, Melbourne.

Während die letztgenannten Werke nur spezielle Kulturpflanzen im Auge haben, zeitigt das Bedürfnis nach einer umfassenden Bearbeitung des gesamten Krankheitsgebietes nach langer Zwischenperiode endlich wieder ein Handbuch: „Plantepatologi" Haandbog i Læren om plantesygdomme af E. ROSTRUP, København 1902. Dieses vornehm ausgestattete, durch viele saubere Originalzeichnungen gewinnende Werk legt den Hauptschwerpunkt auf die Pilzkrankheiten, die der Verfasser durch viele eigne, seit 1871 publizierte Beobachtungen vermehrt hat. Zur Erleichterung des Auffindens der einzelnen Krankheiten ist eine Aufzählung derselben, nach den Wirtspflanzen geordnet, am Schluſs des Werkes beigegeben.

Das neueste Werk, das als ein bedeutsamer Kulturfortschritt im allgemeinen zu bezeichnen ist, erschien 1903 in japanischer Sprache und liegt uns mit deutschem Titel vor: „Lehrbuch der Pflanzenkrankkeiten in Japan". Ein Handbuch für Land- und Forstwirte, Gärtner und Botaniker. Von ARATA IDETA. III. Aufl. Tokio 1903. Das mit einem Vokabularium der technischen Ausdrücke in deutscher, englischer und japanischer Sprache versehene Werk ist mit 13 Tafeln und 144 in feiner Linienzeichnung ausgeführten Textfiguren (meist nach deutschen Autoren) versehen.

Bei einer Wissenschaft, die wie die Phytopathologie bestimmt ist,

mit ihren Forschungsergebnissen im praktischen Betriebe Verwendung zu finden, machte sich alsbald das Bedürfnis geltend, durch farbige Abbildungen dem Laien das Erkennen der Krankheitsformen und -erreger zu erleichtern. Deshalb finden wir, abgesehen von den speziellen Pilzwerken, vielfach das Bestreben, durch farbige Habitusbilder den Text zu ergänzen. Der Versuch einer Darstellung der hauptsächlichsten Krankheiten in Form eines Atlas mit kurzen Beschreibungen der Tafelfiguren konnte erst gewagt werden, nachdem eine weiter ausgebreitete Erkenntnis der Wichtigkeit der Disziplin einen genügenden Abnehmerkreis erhoffen liefs. Dementsprechend erschien im Verlag von Paul Parey in Berlin SORAUER's „Atlas der Pflanzenkrankheiten", von welchem seit 1886 bis jetzt sechs Hefte in Folioformat ausgegeben worden sind. Die besondere Sorgfalt, welche auf die naturgetreue Wiedergabe der einzelnen Farbentöne verwendet worden ist, und der daraus resultierende Preis liefsen den Atlas weniger in den Kreisen der Praktiker, als in den wissenschaftlichen Instituten Verbreitung finden, und dementsprechend machte sich allmählich das Bedürfnis nach der Herausgabe eines weniger teuern Werkes geltend. Dasselbe erschien unter dem Titel: „Atlas der Krankheiten und Beschädigungen unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen", herausgegeben von O. KIRCHNER und H. BOLTSHAUSER, Verlag von ULMER, Stuttgart, und liegt jetzt in sechs Heften vollständig vor. Die ermutigenden Erfahrungen, welche mittlerweile die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft mit der Herausgabe des bereits erwähnten kleinen Buches „Pflanzenschutz" gemacht, zeigten, dafs eine Ausbreitung der Kenntnisse über die Krankheiten zurzeit in den Kreisen der praktischen Landwirte am erfolgreichsten durch diesen kurzen Leitfaden durchgeführt werden kann, und sie gab denselben in neuer Bearbeitung von SORAUER und RÖRIG mit sieben sehr sorgfältig hergestellten Tafeln im Jahre 1904 in dritter Auflage heraus. Speziell dem systematischen Studium der Krankheiten dienend ist der „Atlas des Conférences de Pathologie végétale" von GEORGES DELACROIX, Paris 1901, zu nennen, der auf 56 Tafeln in schwarzen Abbildungen die hauptsächlichsten Erkrankungen der Kulturpflanzen darstellt. Ergänzend veröffentlichte DELACROIX im Jahre 1902 im Auftrage des französischen Landwirtschaftsministeriums ein kleines Werk: „Maladies des plantes cultivées", Paris, das hauptsächlich für die Praxis geschrieben ist.

Der bedeutendste wissenschaftliche Fortschritt liegt selbstverständlich in der monographischen Bearbeitung der einzelnen Krankheitsgebiete, und auch diesen Weg hat die junge Disziplin der Pathologie bereits beschritten. Entsprechend der Wichtigkeit der Krankheiten sind es besonders die Rostpilze, namentlich die Getreideroste, denen eingehende Studien gewidmet worden sind. Im Jahre 1894/95 wurde die deutsche Ausgabe eines 463 Seiten umfassenden Werkes von JAKOB ERIKSSON und ERNST HENNING veröffentlicht: „Die Getreideroste, ihre Geschichte und Natur, sowie Mafsregeln gegen dieselben", Stockholm. Das Aufsehen erregende Werk, das als ein Band der „Meddelanden från Kongl. Landtbruks-Akademiens Experimentalfält" zunächst erschien, bringt die Getreiderosterkrankungen auf 13 farbigen Tafeln zur Anschauung und stellt besonders die Spezialisierung des Parasitismus bei den Getreiderostpilzen fest. Aufserdem geht das Werk auf die Besprechung der disponierenden Faktoren ein und prüft die Lage, physikalische und chemische Bodenbeschaffenheit, Vorfrucht, Saatzeit usw.

Mit erweitertem Programm erschien 1904 eine ebenso sorgfältige,

auf eignen Studien fufsende Arbeit von H. Klebahn unter dem Titel: „Die wirtswechselnden Rostpilze“. Versuch einer Gesamtdarstellung ihrer biologischen Verhältnisse. Berlin 1904. Gebr. Bornträger. Eine Tabelle gibt in chronologischer Reihenfolge eine Aufzählung der heteröcischen Rostpilze seit den ersten, 1864 ausgeführten Versuchen von de Bary mit *Puccinia graminis*. Der Text behandelt in möglichster Ausführlichkeit unter Hinweis auf die einschlägige Literatur die Abstufung der Unterschiede und die Umgrenzung der Arten, die Spezialisierung und die Descendenztheorie, die Empfänglichkeitsfrage und die Frage der Übertragbarkeit der Rostkrankheiten mittels der Samen. Dabei wird eingehend auch die seit 1897 von Eriksson aufgestellte Mycoplasma-Theorie besprochen. Über diesen Punkt ist bereits früher berichtet worden (s. S. 31). Die neuesten Studien veröffentlichte Eriksson im Jahre 1904 in den Schriften der Schwed. Akad. d. Wissensch. unter dem Titel: „Das vegetative Leben der Getreiderostpilze“.

Als ein weiterer bedeutsamer Fortschritt in der Beschaffung wissenschaftlicher Grundlagen ist ferner die „Pathologische Pflanzenanatomie“ von Ernst Küster, Jena 1903, bei Gustav Fischer zu nennen. Von der Erfahrung geleitet, dafs eine scharfe Trennung der Naturformen in normale und anormale nicht durchführbar ist, prüft der Verfasser die Erscheinungen nach dem physiologischen Gesichtspunkte, also nach der Funktionstüchtigkeit der Gewebe. „Entweder werden die Gewebe durch Einflüsse irgend welcher Art gehindert, zu funktionstüchtigen, d. h. normalen, sich auszubilden, oder funktionstüchtige Gewebe erfahren nachträgliche Veränderungen, bei welchen sie ihre Funktionsfähigkeit ganz oder teilweise einbüfsen, oder es entstehen neue Gewebe am Pflanzenkörper, derart, dafs die erkrankten und verunstalteten Organe des letzteren entweder gar nichts für den Gesamtorganismus leisten, oder doch weniger als diejenigen, die wir als normale bezeichnen.“ Wir haben in dem vorliegenden Werke einen erfolgreichen Versuch zu sehen, die Entwicklungsmechanik des pflanzlichen Organismus darzustellen.

Die Ausbildung der periodischen Literatur hängt mit den Bestrebungen nach einer Organisation des Pflanzenschutzes zusammen. Das leitende Prinzip war die praktische Frage, wie sich die Ausbreitung der Krankheiten und Feinde der Kulturpflanzen am besten verhindern und ihre direkte Bekämpfung sich am vorteilhaftesten bewerkstelligen lasse.

Dieser Frage waren zuerst die Vereinigten Staaten von Nordamerika dadurch nähergetreten, dafs von seiten des Ackerbauministeriums (Department of Agriculture) im Jahre 1887 Institute zum Studium der Phytopathologie und der landwirtschaftlichen Insektenkunde geschaffen wurden. Diese äufserst tätigen Institute und Versuchsstationen gaben zunächst Jahresberichte und später aufserdem Spezialpublikationen über wissenschaftliche Untersuchungen heraus. Einen genaueren Einblick in die Organisation des Dienstes gewährt der Bericht aus dem Jahre 1889[1]). Wir ersehen daraus, dafs die phytopathologische Abteilung ihre Untersuchungen in einer bestimmten Zeitschrift „The Journal of Mycology“ veröffentlichte und aufserdem populäre Be-

[1]) Report of the chief of the section of vegetable pathology for the year 1889. Published by autority of secretary of agriculture. Washington 1890.

schreibungen einzelner der hauptsächlichsten Krankheiten in Form von Flugblättern (Bulletin) verbreitete. Einen sehr grofsen Teil der Tätigkeit beanspruchte die Korrespondenz, die vorzugsweise in Beantwortung von Anfragen aus den Kreisen der Praktiker bestand und die beispielsweise im Jahre 1889 bereits 2500 Briefe umfafste. Ein Hauptaugenmerk wurde auf das Verfahren gerichtet, die Studienergebnisse im Laboratorium durch Feldversuche auf ihre praktische Brauchbarkeit zu prüfen. Behufs Ausführung derartiger praktischer Anbauversuche installierte die pathologische Abteilung bestimmte Persönlichkeiten (Agents) zur Überwachung der Ausführung. Wenn die Resultate solcher Freilandversuche aus verschiedenen Gegenden übereinstimmend genug waren, um allgemeine Schlüsse ziehen und Mafsnahmen zur Bekämpfung daraus ableiten zu können, wurde zur Veröffentlichung der Ergebnisse geschritten.

In Deutschland zeigten sich die ersten Bestrebungen nach einer Organisation auf dem Ackerbaukongrefs zu Wien im Jahre 1890, wo Eriksson und Sorauer den Antrag einbrachten, den Regierungen ähnliche Mafsregeln zu empfehlen, wie sie in Nordamerika bereits durchgeführt wurden. Behufs Ausarbeitung eines speziellen Arbeitsplanes und Entfaltung einer werbenden Tätigkeit wurde eine „Internationale phytopathologische Kommission“ aus Vertretern aller europäischen Kulturländer gegründet und Sorauer als Schriftführer derselben beauftragt, die entsprechenden Publikationen zu veranlassen. Dies gab die Anregung zur Gründung der „Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten“, deren erster Jahrgang 1891 erschien. Ebenso wurden nunmehr die Bestrebungen behufs Einrichtung von Versuchsstationen und ähnlichen Instituten zur speziellen Pflege des Pflanzenschutzes in verschiedenen Ländern intensiver und erfolgreicher.

Speziell in Preufsen war schon im Jahre 1880[1]) ein sehr eingehendes Referat von Korn-Breslau: „Über die Begründung einer wissenschaftlichen Centralstelle behufs Beobachtung und Tilgung der Feinde der Landwirtschaft aus dem Reiche der Pilze und Insekten“, publiziert worden. Eine Anregung in diesem Sinne sollte bei der Reichsregierung seitens des Deutschen Landwirtschaftsrates erfolgen. Im Juni 1889 brachte Julius Kühn, durch dessen Bemühungen die Versuchsstation in Halle a. S. unter Hollrung's Leitung gegründet wurde, denselben Gegenstand bei der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft zur Sprache, und 1890 gründete die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft einen „Sonderausschufs für Pflanzenschutz“, dessen Vorstand von Julius Kühn, A. B. Frank und P. Sorauer gebildet wurde. Der Sonderausschufs errichtete ein Netz von Auskunftstellen für die praktischen Landwirte, welches das ganze Deutsche Reich umspannte, und veröffentlichte, nachdem Sorauer für die Aufstellung einer Statistik eingetreten und mit einer statistischen Bearbeitung über den Getreiderost im Jahre 1891 begonnen hatte, fortlaufende „Jahresberichte des Sonderausschusses für Pflanzenschutz“.

Im Jahre 1890 wurde auch das Phytopathologische Laboratorium zu Paris unter Prillieux und Delacroix eröffnet und am 11. April 1891 zu Amsterdam die niederländische Sektion der Internationalen phytopathologischen Kommission gegründet, welche die Anregung gab, dafs Ritzema Bos 1895 als Leiter des „Phytopathologischen Laboratoriums

[1]) Archiv des Deutschen Landwirtschaftsrates, Heft 8, S. 307.

Willie Commelin Scholten“ nach Amsterdam berufen wurde. Im Jahre 1895 erschien auf Anregung des Niederländischen phytopathologischen Vereins und der Phytopathologischen Abteilung der Botanischen Gesellschaft Dodonaea die „Tijdschrift over plantenziekten“, herausgegeben von J. RITZEMA BOS und G. STAES. Mittlerweile war in dem PASTEUR'schen Institut eine Versuchsstation behufs Bekämpfung schädlicher Tiere durch ansteckende Krankheiten gegründet und 1894 unter die Leitung von METSCHNIKOFF gestellt worden. Rastlos tätig war ERIKSSON als Leiter des Experimentalfältet zu Albano bei Stockholm. Er gab 1895 die Beweisexemplare für die spezialisierten Getreiderostformen heraus, nachdem ihm behufs dieser Studien im Februar 1901 eine Unterstützung von 10000 Kronen staatlicherseits bewilligt worden war. Die Rostfrage, die auch für den Weizenbau Australiens die höchste Bedeutung besitzt, hatte seit 1888 zum jährlichen Zusammentritt einer Konferenz von Mitgliedern der australischen Kolonien geführt, die einen offiziellen Bericht: „Rust in wheat conference“, für eine längere Reihe von Jahren veröffentlichte.

In Deutschland folgte auf die „Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten“ von SORAUER im Jahre 1892 die „Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift“ von C. v. TUBEUF, welche den Krankheiten der Pflanzen ebenfalls besondere Aufmerksamkeit widmete. Im Jahre 1898 wurde die „Kgl. bayrische Station für Pflanzenschutz“ gegründet und v. TUBEUF's Leitung unterstellt. Aufserdem wurden die Referate in dem seit 1873 erscheinenden Sammelwerke: „JUST's botanischer Jahresbericht“ wesentlich reichhaltiger, da nun eine gröfsere Anzahl von Zeitschriften das Gebiet der Pflanzenkrankheiten speziell in ihr Programm aufnahm. Zu diesen gehört in erster Linie das von UHLWORM und HANSEN herausgegebene „Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten“ sowie die von HIERONYMUS und P. HENNINGS redigierte „Hedwigia“, das von LOTSY bearbeitete „Botanische Centralblatt“, ferner BIEDERMANN's „Centralblatt für Agrikulturchemie“, redigiert von KELLNER, die „Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft“ von v. TUBEUF und L. HILTNER und die „Praktischen Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz“ von L. HILTNER. Speziell über tropische Kulturpflanzen finden wir eingehende pathologische Mitteilungen im „Tropenpflanzer“, Zeitschrift f. tropische Landwirtschaft von O. WARBURG und F. WOHLTMANN, sowie in den dazugehörigen „Beiheften“, welche die Organe des „Kolonialwirtschaftlichen Komitees zu Berlin“ sind. In den deutschen ostafrikanischen Kolonien ist besonders ZIMMERMANN auf pathologischem Gebiete tätig, wie seine „Mitteilungen aus dem biologisch-landwirtschaftlichen Institut Amani“ beweisen. In Österreich wurde im Jahre 1898 die „Zeitschrift für das landwirtschaftliche Versuchswesen in Österreich“ gegründet. Im folgenden Jahre begann P. NYPELS eine Reihe von Veröffentlichungen unter dem Titel: „Maladies des plantes cultivées“, Bruxelles, und v. ISTVÁNFFI gab 1900 den ersten Band der „Annales de l'Institut Central ampélologique Royal Hongrois“ als Mitteilung des seiner Leitung unterstellten Central-Weinbauinstituts heraus. Auch hier wird den Krankheiten besondere Aufmerksamkeit zuteil. Dasselbe gilt für die von GÖTHE und später von WORTMANN herausgegebenen „Jahresberichte der Kgl. Lehranstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau“ zu Geisenheim a. Rh. und die von

Müller-Thurgau bearbeiteten Jahresberichte der „Deutsch-schweizerischen Versuchsstation für Obst-, Wein- und Gartenbau zu Wädensweil", Zürich.

Schon die Aufzählung der Zeitschriften, die teils die deutsche und fremdsprachliche Literatur referieren, teils Originalarbeiten bringen, gibt einen Einblick in das ungewöhnlich schnelle Anwachsen des Stoffes, das mit Notwendigkeit eine einheitliche Zusammenfassung in einem Sammelwerke erforderte.

Der Bearbeitung eines solchen unterzog sich Hollrung, der seit 1899 einen „Jahresbericht über die Neuerungen und Leistungen auf dem Gebiete der Pflanzenkrankheiten", Berlin, Verlag von Paul Parey, herausgibt.

Somit hat die junge Disziplin der Phytopathologie denselben literarischen Apparat erlangt, den die älteren Disziplinen besitzen, und der zum wissenschaftlichen Fortschritt unbedingt nötig ist. Aber auch die praktische Seite der Phytopathologie, nämlich der Pflanzenschutz, hat die erwünschte Fortentwicklung gefunden.

Die 1880 von Korn angeregte, 1889 von Kühn wirksam befürwortete, von Sorauer auf den internationalen landwirtschaftlichen Kongressen und in der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten weiter ausgebaute Idee der Einrichtung spezieller Institute wurde 1891 im Preufsischen Abgeordnetenhause von Schultz-Lupitz in Form eines Antrages zur allgemeinen Kenntnis gebracht. Am 27. April desselben Jahres veröffentlichte der Reichsanzeiger, dafs der Antrag Schultz-Lupitz der Kgl. Staatsregierung zur Erwägung überwiesen worden sei, und alsbald trat das Landwirtschaftliche Ministerium in die Prüfung der Frage ein, inwieweit durch Erweiterung der ihm unterstehenden wissenschaftlichen Institute der Pflanzenschutz gefördert werden könne. Je eingehender und vielseitiger aber die Beratungen wurden, desto mehr kam der Gedanke zum Durchbruch, dafs wirksame Mafsnahmen im Interesse des Pflanzenschutzes nur durch ein Reichsinstitut erlangt werden können. Ein solches wurde nun durch Bewilligung sehr reicher Mittel in Form einer „Biologischen Abteilung für Land- und Forstwirtschaft" dem Reichsgesundheitsamte angegliedert und ist von 1905 ab ein selbständiges Institut des Reiches. Die zurzeit unter Aderhold's Leitung stehende Abteilung besitzt in Dahlem bei Berlin neben den entsprechenden Laboratorien ein sehr ausgedehntes Versuchsfeld und publiziert die Resultate ihrer Arbeiten in zwanglos erscheinenden Heften, von denen das erste im Jahre 1900 ausgegeben wurde. Aufser diesen wissenschaftlichen Arbeiten veröffentlicht die Biologische Abteilung auch populäre Flugschriften und farbige Plakate und wirkt dadurch fördernd für die Ausbreitung der Kenntnisse über die häufigsten tierischen und pflanzlichen Schädlinge in den Kreisen der Praktiker, denen auch kostenlos direkt Auskunft in Angelegenheiten des Pflanzenschutzes erteilt wird.

Neben der erwähnten Reichsanstalt, die nunmehr den Titel: „Kais. Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft" führt, finden wir in den deutschen Einzelstaaten noch vielfach Einrichtungen zur Pflege des Pflanzenschutzes, die teils sich an bestehende Institute der Hochschulen und Versuchsstationen angliedern, teils selbständige Schöpfungen darstellen. Von letzteren ist aufser den bereits erwähnten Instituten zu Halle und Geisenheim noch die im Jahre 1902 begründete, unter Kirchner's Leitung stehende Anstalt für

Pflanzenschutz in Hohenheim zu nennen. Auch in den übrigen europäischen Ländern finden wir eine eifrige Förderung des Studiums der Pflanzenkrankheiten, wie die Veröffentlichungen der Institute beweisen. Zu diesen gehören: „Bulletin de la Station Agronomique de l'État à Gembloux", Bruxelles (EM. MARCHAL), und „Travaux de la Station de pathologie végétale", par DELACROIX, Paris, die bereits genannte „Tijdschrift over Plantenziekten" (RITZEMA-BOS) und die „Landbouwkundig Tijdschrift", die „Oversigt over Landbrugsplanternes Sygdomme", Kjöbenhavn, in „Tidsskrift for Landbrugets Planteavl", Kjöbenhavn (ROSTRUP), die „Uppsatser i praktisk Entomologi", Stockholm (LAMPA), „Beretning om Skadeinsekter og Plantesygdomme", Kristiania (SCHÖYEN), „Berättelse öfver skadeinsekters uppträdande i Finland" (E. REUTER), in „Landbruksstyrelsens meddelanden", Helsingfors, „Annual report of the consulting botanist" (CARRUTHERS), in „Journ. Royal Agric. Soc.", London.

Daſs auch die auſsereuropäischen Staaten in den Bestrebungen zur Hebung des Pflanzenschutzes nicht zurückgeblieben, ist selbstverständlich. Die ausgedehnteste Förderung hat die Disziplin nach wie vor in Nordamerika erfahren, wo das Department of Agriculture zu Washington seine besondere Aufmerksamkeit nunmehr auch den tierischen Feinden zugewendet hat. Auſser der Errichtung der „Division of Entomology", die durch gehaltvolle Untersuchungen wesentlich zur Kenntnis der tierischen Schädlinge beiträgt, ist die Einrichtung von Versammlungen landwirtschaftlicher Zoologen besonders beachtenswert, in denen durch mündlichen Austausch Fragen allgemeiner Bedeutung behandelt werden. Auſserdem bearbeiten zahlreiche Forscher an den Universitäten und Versuchsstationen das Gebiet mit erfreulichem Erfolge. Von letzteren erwähnen wir die Landwirtschaftliche Versuchsstation des Staates New York zu Geneva und die New Jersey Agricultural College Experiment Station. Weitere Angaben bietet der spezielle Teil unseres Buches, in welchem die verschiedenen Bulletins der den Pflanzenschutz pflegenden Institute citiert werden.

Auſser den zahlreichen Publikationen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika liefern auch die Zeitschriften anderer Länder beachtenswerte Beiträge zur Kenntnis der Krankheiten tropischer Kulturpflanzen. Dahin gehören die „Mededeelingen van het Proefstation voor Suikerriet in West-Java", die Mitteilungen der „Proefstation voor Cacao te Salatiga", Malang, das „Boletim da Agricultura", S. Paulo, „Boletim del Instituto Fisico-Geographico de Costa Rica", „Queensland Agricultural Journal", „Australian fungi" (MC ALPINE), in „Proceed. Linnean Soc. of New South Wales", „Administration Reports Royal Botanical Gardens", Ceylon, „Report of the Department of land records and agriculture", Madras, und „The Journal of the College of science, Imperial University of Tokio", Japan. Betreffs der zahlreichen andern Institute und Einzelforscher müssen wir auf das „Botaniker-Adreſsbuch" von J. DÖRFLER, Wien 1902, verweisen.

Nachschrift.

In den vorgeführten Mitteilungen haben wir versucht, nicht nur auf das literarische Material hinzuweisen, sondern auch die leitenden Ideen der einzelnen Zeitepochen zum Ausdruck zu bringen, um zu zeigen, wie unsere Wissenschaft sich allmählich auf ihren jetzigen

Standpunkt heraufgearbeitet hat. Gewifs nicht ohne Interesse sind die Wandlungen der Ansichten über das Wesen und die Rolle der parasitären Organismen. Aber nicht minder interessant sind die als roter Faden durch alle Berichte zu verfolgenden Hinweise der Autoren auf den Einflufs der Gestirne, d. h. der Witterungsfaktoren. Gerade deshalb haben wir in oft längeren Citaten die Anschauung früherer Zeiten wiedergegeben. Und in dieser Beziehung finden wir eine schlagende Übereinstimmung von den ältesten Zeiten an, indem stets die Abhängigkeit solcher Erscheinungen, die wir jetzt als parasitäre kennen gelernt haben, von den klimatischen und Bodenverhältnissen, zum Teil auch schon von den Kulturmafsregeln betont wird.

Diese Idee, welche auch die leitende in dem hier vorliegenden Buche ist, hat den Verfasser seinerzeit veranlafst, die ersten Versuche zu einer Statistik der Pflanzenkrankheiten zu unternehmen. Diese Versuche, die, wie erwähnt, mit Hilfe der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft begonnen und durch deren „Sonderausschufs für Pflanzenschutz" fortgesetzt worden sind, haben nun dadurch ihre Anerkennung gefunden, dafs vom Jahre 1905 ab die „Kais. Biologische Anstalt für Land- und Forstwirtschaft" die Statistik der Pflanzenkrankheiten übernehmen wird.

Die Wichtigkeit einer Statistik auf unserem Gebiete wird vielfach angezweifelt mit dem Hinweis, dafs gerade unsere gefährlichsten Krankheiten stets vorhanden sind und die Angaben der sammelnden Persönlichkeiten über Intensität der Erkrankung und Gröfse des wirtschaftlichen Verlustes so individuell beeinflufst erscheinen, dafs sichere positive Zahlen niemals erhalten werden können.

Diesen Einwendungen gegenüber ist zu betonen, dafs ich nicht deswegen die Statistik in die Hand genommen habe, um präcise Zahlen über Ausbreitung und wirtschaftliche Wirkung der einzelnen Krankheiten zu erlangen. (Übrigens wird auch in dieser Beziehung die Berichterstattung mit der zunehmenden Schulung des Beobachterpersonals allmählich so genau wie auf allen Gebieten des organischen Lebens werden.) Die Hauptaufgabe der Statistik liegt in dem Nachweis der Beziehungen, welche die einzelnen Krankheiten zu den lokal oder allgemein sich geltendmachenden klimatischen und Bodenverhältnissen sowie zu den Kulturfaktoren haben. Das Studium der leicht zu konstatierenden extremen Erkrankungsformen und die Feststellung, durch welche Faktoren dieses Extrem zustande gekommen ist, bildet das fruchtbringende Feld der Statistik.

In diesen Studien liegt die Zukunft der Pathologie.

So wertvoll an sich die Beobachtungen über die Formenkreise und Lebensansprüche der parasitären Mikroorganismen sind, so bilden sie doch immerhin nur ein Glied in der Kette der Forschungen und erlangen ihren Wert nur in der Feststellung ihres Verhaltens innerhalb der freien Natur und des üblichen Wirtschaftsbetriebes. Und dies erkennen wir durch einen ausgebildeten statistischen Dienst, der uns lehrt, unter welchen Verhältnissen die Krankheiten sich steigern oder vermindern.

Diese Erkenntnis führt zur Vorbeugung der Krankheiten durch eine auszubildende Pflanzenhygiene, und in dieser Richtung mufs die Pathologie sich in Zukunft weiterentwickeln.

Spezieller Teil.

Erster Abschnitt.

Krankheiten durch ungünstige Bodenverhältnisse.

Erstes Kapitel.

Die Lage des Bodens.

Wenn auch die Krankheiten, die bei ungünstiger Lage des Kulturlandes sich einstellen, besser bei den Einzelfaktoren, durch welche die Lage dem Pflanzenwachstum verderblich wird, besprochen werden, so haben wir doch für notwendig gehalten, im folgenden die allgemeinen Verhältnisse verschiedener Lagen zu skizzieren. Denn gerade für die leitende Idee in diesem Handbuch, für den Hinweis auf die sich herausbildende Disposition zu gewissen Erkrankungen, ist es von besonderer Wichtigkeit, zu zeigen, wie der stoffliche und gestaltliche Aufbau einer Pflanzenart sich mit den Standortsverhältnissen ändert, wie einzelne Funktionen bald herabgedrückt bald gefördert erscheinen, und wie demnach die einzelnen Lokalitäten ihren bestimmten Charakter den Pflanzen aufdrücken, welche dadurch den einzelnen Schädigungsursachen gegenüber sich ganz verschieden verhalten müssen.

1. Die Erhebung über den Meeresspiegel.

a) Allgemeine habituelle Änderungen.

Bei krautartigen Gewächsen.

Dafs mit der zunehmenden Höhe einer Kulturfläche über den Meeresspiegel die Wärme eine immer geringere wird, und dafs diese Wärmeabnahme der mafsgebende Faktor für die Begrenzung der Vegetation ist und somit die Ernte im Gebirge eine verspätete sein mufs, bedarf keiner weiteren Ausführung. Dafs diese verspätete Ernte grofse Schwierigkeiten für das Trocknen des Getreides bietet und besondere Vorrichtungen im Hochgebirge nicht selten erforderlich macht, und dafs trotzdem manchmal ein Schwarzwerden der Körner in-

folge eintretender Pilzvegetation stattfindet, ist allgemein bekannt. Ein Beispiel in präzisen Zahlen liefert ANGOT[1]), nach dessen Beobachtungen sich die Ernte des Winterroggens in Frankreich durchschnittlich um vier Tage verzögert, wenn die Höhe um 100 m zunimmt. Aufmerksam zu machen ist aber dabei auf den Umstand, dafs mit der zunehmenden Höhe die Verdünnung der Luft die Wärme derselben vermindert, dafs also auch diese Verdünnung ganz wesentlich auf die Ausbildung der Vegetation wirken mufs. Dazu kommen die Feuchtigkeitsverhältnisse, welche, abgesehen von der physikalischen Bodenbeschaffenheit, für alpine Regionen niederer Breiten andere sind als für Pflanzen aus der Ebene der arktischen Zone. Innerhalb derselben Breite wird das Gebirge als kälterer Körper mehr Wasserdampf verdichten und daher reichlichere Niederschläge erhalten als die Ebene. Es wird daher auch mehr Schnee fallen, und das zum Schmelzen dieser gröfseren Schneemasse erforderliche Wärmequantum wird also der Vegetation entzogen. Selbst wenn der Schnee im Frühjahr geschmolzen, wird trotzdem noch die Pflanze im Gebirge zunächst weniger von der Sonnenwärme Vorteil ziehen können als die in der Ebene, indem die Zerrissenheit der Bodenoberfläche wirksam wird. Ein Quadratmeter Grundfläche, der eine stark zerklüftete Bodendecke besitzt, hat eine viel gröfsere, in unendlich viele schiefe Ebenen zerspaltene Oberfläche; auf diese mufs sich dieselbe Wärmemenge verteilen wie auf ganz ebenem Lande, dessen einzelne Punkte somit stärker erwärmt werden. In diesem Falle befinden sich die Gebirgsketten gegenüber den Ebenen. Es erklärt sich aus den bisherigen Angaben, dafs mit der Erhebung über den Meeresspiegel sich die durch Wärme wesentlich beförderten Prozesse der Verwitterung und Verwesung verlangsamen müssen. Es erklärt sich ferner, dafs derartige eigentümliche Kombinationen der Wachstumsfaktoren charakteristische Formen erzeugen werden, bei denen der kurze, gedrungene Wuchs das bekannteste Merkmal ist. Solche Wuchsformen erhalten sich zunächst durch die Samen konstant. Derartig erblich gewordene klimatische Formen sind als „ökologische Varietäten“[2]) bezeichnet worden.

Wenn wir anfangs gesagt haben, dafs die Lufttemperatur in den Höhen geringer ist, so mufs anderseits betont werden, dafs mit der Höhe die Intensität der Bestrahlung zunimmt und allmählich höhere Bodenwärme erzeugt. Es würde deshalb das Gebirgsklima niederer und mittlerer Breiten sich durch gröfsere Lichtintensität und gröfsere Bodenwärme sehr günstig von dem der Ebenen in einer Polarzone, die dieselbe Lufttemperatur hat, unterscheiden. Der geringere Luftdruck auf den Bergen mufs eine Steigerung der Transpiration zur Folge haben, wie FRIEDAL[3]) angibt, und die erhöhte Lichtzufuhr eine Steigerung der Assimilationstätigkeit des Blattes; folglich arbeitet die typische Gebirgspflanze energischer, und daraus erklärt sich ihre verkürzte Vegetationszeit.

Nach den Beobachtungen von BONNIER[4]), der am Montblanc und

---

[1]) Der Naturforscher, 1883, Nr. 24.

[2]) Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Von KIRCHNER, LOEW und C. SCHRÖTER. Stuttgart, Ulmer 1904. S. 116.

[3]) FRIEDAL, Action de la pression totale sur l'assimilation chlorophyllienne. C. rend. 1901. Cit. Bot. Jahresb. 1901. Abt. II. S. 221.

[4]) BONNIER, Étude expérimentale de l'influence du climat alpin sur la végétation etc. Bull. Soc. Bot. France. Tom. 35. 1888.

in den Pyrenäen Versuchsgärten angelegt hatte, trat im Alpenklima bei einer grofsen Anzahl krautiger Gewächse eine Verkürzung der Triebe ein, die zum Nanismus führte. Bei den Hochgebirgsexemplaren wird das Palisadenparenchym stärker entwickelt und chlorophyllreicher. Dementsprechend ist die assimilatorische Arbeit eine gesteigerte. Wenn man Blätter derselben Spezies von Exemplaren der Ebene und aus dem Gebirgsgarten, die gleichzeitig abgeschnitten wurden, prüfte, zeigten die Blätter aus dem Hochgebirge in der gleichen Zeit für gleichgrofse Flächen eine stärkere Sauerstoffentwicklung. Solchen alpinen Charakter soll man bei Pflanzen dadurch künstlich züchten können, dafs man sie während der Nacht in Eis packt, während man sie tagsüber in normalen Wachstumsverhältnissen beläfst[1]).

In einer späteren Mitteilung[2]) macht Bonnier speziell darauf aufmerksam, dafs sich durch die in den alpinen Regionen stattfindende Steigerung der Transpiration und Assimilation leicht erklären lasse, weshalb Pflanzen der Ebene, ins Alpenklima gebracht, eine relativ gröfsere Menge an Zucker, Stärke, ätherischen Ölen, Farbstoffen, Alkaloiden und andern Produkten der Chlorophyllarbeit entwickeln.

Wie sehr der spezifische klimatische Charakter sofort den Entwicklungsmodus einer Pflanzenspezies beeinflufst, zeigen die bekannten 1875 bis 1880 ausgeführten Anbauversuche von Kerner v. Marilaun[3]) mit Samen, die von derselben und zwar vor Fremdbestäubung geschützt erzogenen Mutterpflanze stammten. Ein Teil der Samen wurde in einem alpinen Versuchsgarten auf der Kuppe des Blasers in Tirol (2195 m Seehöhe), ein anderer Teil im Wiener botanischen Garten ausgesät. Auf der Kuppe des Blasers erfolgte das Keimen der Samen bald nach dem Abschmelzen der 1,5 m hochgewesenen Schneedecke in der Zeit vom 10. bis 25. Juni. Die Entwicklung der Sämlinge fiel somit in die Zeit des höchsten Sonnenstandes und der längsten Tage. Die Sämlinge waren sofort einer Temperatur ausgesetzt, welche ebenso hoch oder noch etwas höher war als die den Versuchspflanzen im Wiener botanischen Garten im März bei einer Tageslänge von zwölf Stunden zuteil gewordene. An den Pflanzen, welche nicht durch die einzelnen Fröste im Juni, Juli und selbst im August getötet worden waren, wurden Ende August und Anfang September Blüten beobachtet, also z. B. bei *Satureja hortensis, Lepidium sativum, Agrostemma Githago, Centaurea Cyanus, Turgenia latifolia* usw.

Die im alpinen Versuchsgarten erwachsenen Pflanzen zeichneten sich den im Wiener botanischen Garten entwickelten Exemplaren gegenüber dadurch aus, dafs sie auffallend verkürzte und in geringerer Zahl entwickelte Stengelglieder besafsen. Ferner sah man, dafs an den alpinen Exemplaren, z. B. von *Viola arvensis*, schon aus der Achsel des dritten und vierten Laubblattes sich Blüten entwickelten, während in Wien dies erst bei dem siebenten und achten Laubblatt stattfand. Die Zahl der Blüten war geringer und die Blütenblätter, ähnlich den Laubblättern, durchschnittlich kleiner. Ein Teil der in der Ebene einjährigen Arten, die genügend Zeit und Wärme zur Samenaus-

---

[1]) Palladin, Influence des changements des températures sur la respiration des plantes. Revue gén. de Botanique, 1899. S. 242.

[2]) Bonnier, Gaston, Influence des hautes altitudes sur les fonctions des végétaux. Compt. rend. de l'Acad. scienc. Paris. Tom. CXI. 1890. Cit. Bot. Centralbl. 1891. Nr. 12.

[3]) Pflanzenleben. Bd. II, S. 453 ff. Wien. 1898.

bildung gefunden hatten, wurde auf der Kuppe des Blasers langlebiger dadurch, dafs im folgenden Jahre aus dem untersten Teil des Stengels neue Sprosse sich entwickelten. Auch ein früheres Aufblühen konnte man beobachten.

Entsprechend dem Umstande, dafs mit der zunehmenden Höhe die Intensität der Besonnung wächst, war auch die auf dem Anthocyan beruhende Blütenfärbung intensiver. Blumen, die in der Ebene weifs waren, zeigten auf den Alpen eine violette Unterseite ihrer Blumenblätter. Die Spelzen von Gräsern, die in der Ebene grün oder nur matt violett waren, wurden in der Alpenregion durch reichlichere Ausbildung von Anthocyan dunkel braunviolett[1]). Die Blätter von *Sedum acre*, *album* und *hexangulare* wurden purpurrot. Dagegen vergilbten Blätter vom *Orobus vernus*, *Valeriana Phu* und *Viola cucullata* durch den Lichtüberschufs im alpinen Versuchsgarten, die im Tal an schattigen Orten grünlaubig bleiben.

Bei dem Einflufs des Gebirgsklimas handelt es sich nicht nur um die Wärmedifferenzen der Jahresmittel und der einzelnen Jahreszeiten, sondern namentlich auch um die Luftfeuchtigkeitsverhältnisse. Wärme und Luftfeuchtigkeit in ihrer Gesamtmenge und in ihrer zeitlichen Verteilung sind neben der Lichtzufuhr ausschlaggebend für die Vegetation. Die Luftfeuchtigkeit beeinflufst, wie erwähnt, die für die Pflanzen verfügbare Lichtmenge; denn der Wasserdampf hat etwa die fünffache Absorptionsgröfse für die Lichtstrahlen gegenüber einer trocknen Luft.

Da nun der absolute Gehalt der Luft an Wasserdampf mit der Höhe abnimmt, so wird auch weniger Licht im Gebirge absorbiert, namentlich da der Lichtstrahl einen kürzeren Weg zurückzulegen hat, um zum Erdboden zu kommen, gegenüber den Gegenden im Meeresniveau. Dafs der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Luft mit der Höhe abnimmt, ist selbstverständlich, denn die Temperatur wird eine immer geringere, und die Luft mufs ihren Wasserdampf kondensieren und in flüssiger Form abgeben. Aber die relative Feuchtigkeit nimmt zunächst im Gebirge zu, und dies ist der Grund, weswegen wir das Gebirgsklima als ein feuchtes und regnerisches zu bezeichnen pflegen. In Beziehung zur Luftfeuchtigkeit steht auch die Bewölkung.

Diese Zunahme der relativen Feuchtigkeit und die abnehmende Lufttemperatur bilden die Ursachen für eine schnelle Begrenzung unserer Kulturbestrebungen, soweit dieselben sich auf die Gewinnung von Samen in Gebirgsregionen erstrecken. Wir wissen, dafs die Blüten- und Samenbildung eine Wärmesteigerung im Verhältnis zur Erhaltung der vegetativen Periode beansprucht. Deshalb sehen wir, dafs das Getreide im Gebirge, wie anfangs erwähnt, vielfach nicht ausreift und ebenso Klee und andere Leguminosen kein genügendes Saatgut liefern. Es kommt zu den erwähnten Verhältnissen noch ein

---

[1]) Von namhaften Forschern wird die Ansicht vertreten, dafs das Anthocyan zum Schutz der Pflanze gegen zu starke Besonnung entwickelt werde. Kerner (l. c. Bd. I, S. 508) vermutet, dafs in den bei Wärmemangel auftretenden Blumenrötungen das, was an direkt zugeleiteter Wärme den Blüten abgeht, „durch jene Wärme ersetzt wird, welche durch Vermittlung des Anthocyans aus den Lichtstrahlen gewonnen wird". Wir glauben beobachtet zu haben, dafs zwar der rote Farbstoff sich häufig bei Wärmemangel entwickelt, aber auch bei Wärmereichtum sich dann einstellt, wenn im Verhältnis zur Wärme ein Lichtüberschufs bei zuckerführenden Geweben sich geltend macht.

anderer Umstand hinzu, auf welchen Pax[1]) aufmerksam gemacht hat. Es ist nämlich der Insektenreichtum schon bei 2300 m nur halb so grofs wie in der Ebene; daher spielen Windblütler im Hochgebirge eine gröfsere Rolle; auch wird die vermehrte Schwierigkeit der Insektenbestäubung dadurch teilweise ausgeglichen, dafs eine ungeschlechtliche Vermehrung dafür eintritt (*Polygonum viviparum*, *Poa alpina*, *Saxifraga cernua*); ferner sind zehn Elftel aller Arten Stauden, und selbst die bei uns einjährige *Viola tricolor* wird in den Alpen ausdauernd.

Aufserdem ist noch darauf hinzuweisen, dafs bei fortgesetzten Kulturversuchen im Höhenklima kurzlebige Gebirgsvarietäten sich ausbilden, die zwar quantitativ geringeres, aber qualitativ noch zufriedenstellendes Saatgut liefern. Solches bietet die gröfsere Möglichkeit, die Ernte im Gebirge noch glücklich einzubringen, und hat (nach Schiebler)[2]) den Vorteil, in tieferen Lagen zunächst seine verkürzte Vegetationszeit beizubehalten, also in den nordischen Klimaten vorteilhafte Verwendung zu finden.

Ausbildung der oberirdischen Achse der Holzpflanzen.

Gegenüber einer vielverbreiteten Ansicht ist zu erwähnen, dafs Zwergwuchs im Hochgebirge nicht dem Schneedruck zuzuschreiben ist, da wir noch Baumgestalten in den Regionen haben, wo der meiste Schnee fällt. Die Schneedecke wird bekanntlich nicht etwa immer stärker, je gröfser die Erhebung des Hochgebirges sich gestaltet, sondern steigt nur etwa bei uns bis zur Höhe von 2500 m, also nur bis zur oberen Grenze der Zwergkiefer, des Zwergwacholders und der Alpenrosen. Höher hinauf nehmen die Niederschlagsmengen ab. Fichten, Lärchen- und Zirbelkiefern leiden weniger durch Schneedruck, wenn sie allein oder locker stehen, weil ihre elastischen, abschüssig gestellten älteren Zweige die angesammelten Schneemassen bei Wind leichter abgleiten lassen. Andere Gehölze, wie *Salix serpyllifolia* und *Rhamnus pumila*, entgehen übermäfsigem Schneedruck häufig durch ihre Ansiedlung an steilen Felswänden, von denen der Schnee schnell abstürzt. Aber auch die dem vollen Schneedruck ausgesetzten Gehölze werden schwerlich durch die Last des Schnees oder durch den Wind zum Anschmiegen an den Boden veranlafst. Vielmehr darf man mit Kerner annehmen, dafs es die Bodenwärme ist, die ihnen in direkter Nähe der Erde die besten Existenzbedingungen bietet. In den Hochalpenregionen ist der Boden viel wärmer als die Luft, die vermöge ihrer zunehmenden Verdünnung und ihres schnell abnehmenden Wassergehaltes weniger Sonnenlicht absorbiert. Genannter Autor citiert, dafs z. B. auf dem Gipfel des Montblanc (4810 m) die Intensität des Sonnenlichtes um 26 % gröfser ist als im Niveau von Paris. Auf dem Pic du Midi (2877 m) beobachtete man eine Temperatur des besonnten Bodens von 33,8° C., während die Luft nur 10,1° zeigte. Diese Bodenwärme mit der Lichtintensität erklärt die beschleunigte Entwicklung und das frühe Blühen der alpinen Pflanzen.

Im Gegensatz zu Kerner glaubt Vöchting[3]) auf Grund seiner Beobachtungen an *Mimulus Tilingii*, dessen junge Triebe von bestimmtem

---

[1]) Das Leben der Alpenpflanzen. Zeitschr. d. d.-östr. Alpenvereins 1898. S. 61.

[2]) Schiebler, Die Pflanzenwelt Norwegens. Allg. Teil. Christiania 1873.

[3]) Vöchting, H., Über den Einflufs niedriger Temperatur auf die Sprofsrichtung. Ber. Deutsch. Bot. Ges. XVI. 1898. S. 37.

Alter bei niedriger Temperatur im Frühling sich niederlegten, bei Wärmesteigerung sich aufrichteten, dafs das Hinkriechen der Alpenpflanzen am Boden teilweise oder ganz dem Einflufs der niedrigen Temperaturen zuzuschreiben sein möchte. Wir vermögen diese Auffassung nicht zu teilen.

Betreffs des Wachstumsmodus der Bäume in den alpinen Regionen liegen Untersuchungen von Rosenthal[1]) vor. Derselbe fand, dafs bei allen untersuchten Holzarten die Jahresringbreite im Hochgebirge geringer als im Tieflande ist. Die Excentricität der Äste ist meist sehr stark, aber die Richtung des stärksten Zuwaches veränderlich. Das Wasserleitungssystem erfährt infolge der gesteigerten Verdunstung eine gröfsere Ausbildung. Bei den Dikotyledonen wird der höhere Anteil an Leitungsgewebe durch die Verschmälerung des Jahresringes erreicht; bei den Nadelhölzern wurde eine beträchtliche Verminderung des Spätholzringes gefunden.

Die im Gebirge fortwährend durch die Verwitterungserscheinungen sich vollziehenden Bodenrutschungen bewirken Schiefstellungen der Bäume und damit Änderungen in der Holzausbildung derselben. Hartig[2]) wies nach, dafs bei Stämmen und Ästen der Fichte, sobald sie zur Horizontalen sich neigen, auf der Unterseite breitere Jahresringe und sog. „Rotholz“ (Holz mit kurzen Tracheiden und starker Verholzung), auf der Oberseite schmale Jahresringe aus „Zugholz“ (lange Tracheiden mit schwacher Verholzung) gebildet werden.

Nach Giovanozzi[3]) wird diese verschiedenartige Ausbildung des Holzringes der Coniferenzweige zu hygrometrischen Messungen von den Bewohnern der Piemonteser Alpen benutzt, da das kleinzellige, dickwandige Rotholz ganz andere hygroskopische Eigenschaften als das Zugholz besitzt. Die Rotholzseite eines geschälten Zweiges wird in trockner Luft konkav, in feuchter konvex.

Nach den Untersuchungen von Cieslar[4]) scheint der Ligningehalt des Fichtenholzes an der oberen Grenze des baumartigen Vorkommens geringer als in tieferen Lagen zu sein.

Dafs der gedrungene Wuchs bei alpinen Formen erblich für die nächsten Generationen ist, geht aus den Beobachtungen von Cieslar[5]) hervor, wonach Fichten aus Samen von Bäumen gebirgiger Standorte bei Kultur in der Ebene geringeren Zuwachs zeigten als die unter gleichen Bedingungen erzogenen Pflanzen von Bäumen der Ebene. Engler hat dieselbe Beobachtung bei Aussaatversuchen in der forstlichen Versuchsstation bei Zürich gemacht. Aus Keimversuchen mit Samen von Fichte, Kiefer und andern Waldbäumen schliefst M. Kienitz[6]), dafs für die in niederen Regionen heimischen Fichtensamen die Minima, Optima und Maxima der Keimungstemperaturen höher liegen als für die aus höheren Lagen stammenden Samen.

Bei den Kulturen im Höhenklima ist aber auch ferner zu berück-

---

[1]) Rosenthal, M., Über die Ausbildung der Jahresringe an der Grenze des Baumwuchses in den Alpen. Dissert. Berlin, cit. Bot. Centralbl. 1904. Nr. 43.

[2]) Hartig, R., Holzuntersuchungen. Berlin. Springer 1901.

[3]) Giovanozzi, Sul movimento igroscopico dei rami delle Conifere. Malpighia XV, cit. Bot. Jahresb. 1901. Abt. II. S. 191.

[4]) Cieslar, A., Über den Ligningehalt einiger Nadelhölzer. Mitt. a. d. Forstl. Versuchswesen Österreichs, 1897. Heft XXIII.

[5]) Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen, 1894, Bd. 20, S. 145.

[6]) Kienitz, Vergleichende Keimversuche mit Waldbaumsamen aus klimatisch verschieden gelegenen Orten Mitteleuropas. Ref. Bot. Zeit. 1879. S. 597.

sichtigen, dafs sich die Gebirgserhebungen verschieden verhalten, je nachdem sie isolierte Kegel oder Hochplateaus darstellen. Da Bestrahlung und Ausstrahlung des Bodens auf die Temperatur der ihn bedeckenden Luftschichten von bedeutendem Einflufs sind, so wird die Vegetation in denselben Höhen ganz verschiedenen Temperaturdifferenzen gegenüberstehen. Auf dem Hochplateau ist während der Besonnungszeit die Wärmeabnahme mit der Höhe geringer als auf einem alleinstehenden Gebirgskegel; wenn aber die Sonne fortgeht und die Ausstrahlung ausschlaggebend wird, dann kühlen sich die unteren Luftschichten über dem Hochplateau auch mehr ab. Es sind also die täglichen Temperaturschwankungen dort viel gröfser und ebenso diejenigen der Jahreszeiten. Auf Hochplateaus kann die Abkühlung bis zum Frost herabsinken, während die isolierte Kuppe noch davor bewahrt bleibt.

Dasselbe Verhalten zeigt sich zwischen Tal und Höhe, und wir haben erst kürzlich eine Anzahl Beispiele aus Italien kennen gelernt. Unter diesen ist eine Meldung von PASSERINI[1]) aus der Umgebung von Florenz besonders deutlich. In der Nacht vom 19./20. April 1903 sank die Temperatur, die am 15. noch +18,3° C. aufwies, auf —1,1° C., um nach neun Stunden wieder auf +12,2° C. zu steigen. Während die Gemüse und das Getreide keinen Schaden erlitten, hatten die Bäume durch Erfrieren von Blättern und Blüten namhafte Verluste. Schon 50 m höher waren Schädigungen nicht mehr wahrzunehmen.

Als Schutz gegen Frostgefahr in den Bergregionen wirken Wolken und Nebel. Betreffs letzterer beobachtete THOMAS[2]) in Thüringen, dafs auf den in Nebel gehüllten Höhen das junge Buchenlaub nicht litt, während in den Tälern und Schluchten die Blätter durch Frost beschädigt wurden. Auf der die scharfe Abkühlung verhindernden Eigenschaft der Nebel hat sich die künstliche Frostverhütung durch Erzeugung von Rauch aufgebaut.

Anpassungen des Wurzelkörpers der Holzpflanzen.

Besonders interessant sind im Gebirge die Anpassungserscheinungen des Wurzelkörpers an den Gesteinsboden und die dabei auftretenden Ersatzbildungen. In der nachstehenden Figur 1 sehen wir eine Eichenwurzel, welche sich durch eine Gesteinsspalte ihren Weg gebahnt und bei ihrem fortgesetzten Dickenwachstum innerhalb der Spalte eine abgeflachte, brettartige Gestalt angenommen hat. Nach dem Austritt aus dem Gestein ist der Wurzelkörper zur cylindrischen Form zurückgekehrt. Es lehrt dieses Beispiel erstens, dafs trotz des Druckes, den die starke Wurzel so viele Jahre ausgehalten, die Leitungsfähigkeit für Wasser und plastisches Material in dem brettartigen Teile nicht unterbrochen worden ist. Zweitens bemerken wir oberhalb der brettartigen Abflachung ein Hervortreten adventiver Wurzeln. Beide Vorgänge entsprechen den durch künstliche Schnürungen veranlafsten Erscheinungen.

Soweit wir Wurzeln haben untersuchen können, die sich in Gesteinsspalten abgeflacht hatten, konnten wir bemerken, dafs die brettartige

[1]) PASSERINI, Sui danni prodotti alle piante del ghiacciato etc. Bull. Soc. Bot. ital. 1903. S. 308.

[2]) THOMAS, FR., Scharfe Horizontalgrenze der Frostwirkung an Buchen. Thür. Monatsblätter. April 1904.

Abflachung des Wurzelkörpers dadurch zustande gekommen, dafs die alljährlich sich bildenden Holzringe an den Seiten, wo sie sich frei entwickeln konnten, also in der Richtung der Spaltfläche, sehr stark ausgebildet, dagegen an den Seiten, wo die Wurzel dem Gestein angeprefst gewesen, auf ein Minimum reduziert und schliefslich unkenntlich wurden. An den freien Seiten war das Holz gefäfsreich, in einzelnen

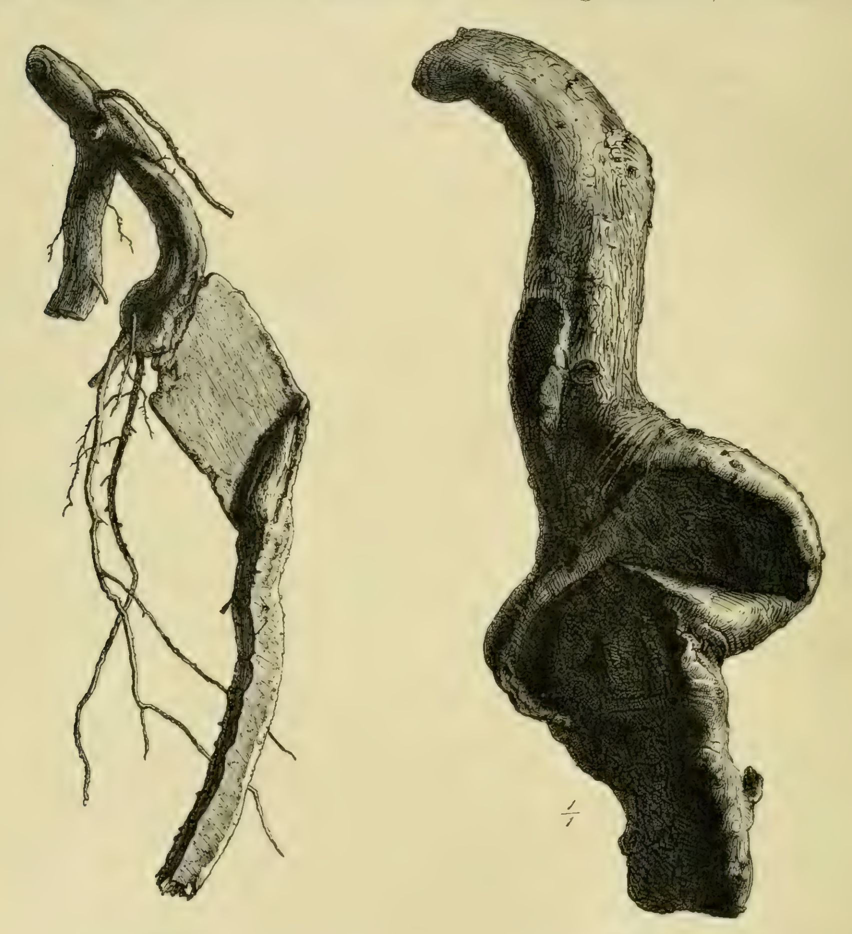


Fig. 1. Fig. 2.

Wurzeln von *Quercus pedunculata* zwischen Felsspalten.
(Nach Döbner-Nobbe.)

Jahresringen sogar sehr breit und mit dicker Rinde versehen; an den unter Druck des Gesteins stehenden Wurzelseiten wurde das Holz gefäfslos, kurzzellig und aus schief aufsteigenden, statt vertikal verlaufenden Holzfasern gebildet. Schliefslich erkennt man keine Jahresringdifferenzierung mehr, und man sieht nur noch ein ganz schmales Korkband auf dem bisweilen parenchymatisch kurzzelligen Holze ohne erkennbare Markstrahldifferenzierung aufliegen.

Trotzdem ist die cambiale Tätigkeit an der brettartigen Wurzelstelle nicht erloschen, wie man dies bei dem Übergange des abgeflachten,

in den cylindrisch weiter wachsenden Wurzelteil sieht. Die anatomischen Veränderungen in den zwischen Gestein einprefsten Wurzeln nähern sich so auffällig den durch künstliche Schnürung an oberirdischen Achsen erlangten Resultaten, dafs wir in dieser Beziehung auf unsere späteren Studien in dem Kapitel „Wunden“ verweisen können.

In Fig. 2 finden wir eine andere, ebenfalls von *Quercus pedunculata* stammende Wurzel, die wahrscheinlich nur zwischen Steinen sich hindurchgeprefst hat. Sie hat bei der Begegnung mit dem Hindernis ihres Längenwachstums sich gekrümmt und bei dem Weiterwachsen sich abgeflacht. Mit zunehmendem Alter ist die geprefste Wurzelfläche ins Freie gelangt und hat an den freigewordenen Seiten eine erhöhte Ausbildung der Holzringe erfahren, die sich nun ähnlich wie Überwallungsränder in grofser Üppigkeit entwickelt haben. Die Quetschung, welche die Wurzel erlitten hatte, dürfte ähnlich wie eine Ringelung gewirkt und wie bei dieser eine Art Ringelwulst oberhalb der Druckstelle erzeugt haben (s. Ringelung im Kapitel „Wunden“).

Über den anatomischen Befund in den Anfangsstadien derartiger Abflachungen des Wurzelkörpers können wir uns durch die Untersuchungen von Lopriore[1]) einen Begriff machen. Derselbe beobachtete Adventivwurzeln bei Keimpflanzen von *Vicia Faba*, die gezwungen waren, unter dem Seitendruck von nicht auseinanderweichenden Kotyledonen zu wachsen. Innerhalb der Drucksphäre erschienen diese zarten Wurzeln bandartig verbreitert, und nach Austritt aus der Druckregion wurden sie wieder normal cylindrisch, wie dies unsere alten abgebildeten Eichenwurzeln ebenfalls erkennen lassen. Bei den ganz jungen Wurzeln der Saubohne sah Lopriore an den nicht durch die Kotyledonen gedrückten Seiten die Epidermiszellen sich zu Wurzelhaaren verlängern. An den geprefsten Seiten dagegen waren nicht nur die Epidermiszellen tangential abgeplattet, sondern auch die zwei bis vier äufseren Rindenschichten bedeutend geprefst, so dafs sie eine Art peripherischen Gürtels um die Wurzel an diesen Seiten bildeten, wobei die radialen Wandungen dieser geprefsten Zellen zickzackförmig gefaltet wie bei einem Blasebalge erschienen. Die unter dem Druck der Kotyledonen stehenden Zellen erwiesen sich auch stofflich verändert, indem ihre Membranen entweder verkorkt oder „samt ihrem Lumen mit einer Art Schutzgummi imprägniert waren“.

Bei Fig. 1 hatten wir bereits darauf aufmerksam gemacht, dafs vor der brettartigen Abflachung mehrere Adventivwurzeln sich gebildet haben. Wie man sieht, hat hier die Wurzel vor dem Eintritt in die Gesteinsspalte eine Krümmung gemacht, und unter dem Einflufs der Krümmung hat an der freien, konvexen Aufsenseite die Neubildung von Adventivwurzeln sich eingeleitet. Wir erblicken darin eine Folge des Krümmungsreizes, den Noll[2]) in seiner Arbeit ausführlich besprochen hat. Die Eigenheit, dafs bei Wurzeln, die infolge eines ihrem Längenwachstum entgegentretenden Hindernisses sich krümmen müssen, an der Konvexseite der Krümmungsstelle neue Seitenwurzeln hervortreten, ist leicht zu beobachten. Bei Wasserkulturen in Glasgefäfsen bemerkt

---

[1]) G. Lopriore, Verbänderung infolge des Köpfens. Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. XXII. Heft 5. S. 309.

[2]) Noll, Vergleichende Kulturversuche. Sitzungsber. d. Niederrhein. Ges. f. Naturkunde. Cit. Bot. Jahresber. 1900. II. S. 304.

man diese Erscheinung, wenn kräftige Wurzeln den Boden des Glasgefäfses erreichen und sich nun umlegen.

Im Gebirge trifft man derartige Vorkommnisse bisweilen als Hilfsvorrichtungen an flachstreichenden, jüngeren Baumwurzeln an, wenn die Spitze eines Wurzelastes durch Verletzung oder Vertrocknen auf dem Gestein verloren gegangen ist. In Fig. 3*a* sehen wir eine solche Ersatzwurzel, die oberhalb der abgestorbenen Spitze des Hauptastes (*A A*) sich entwickelt hat. Das Ersatzorgan ist viel kräftiger und fleischiger als die früher gebildeten Seitenwurzeln.

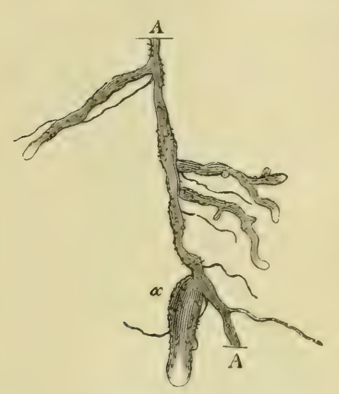


Fig. 3. Ast einer Fichtenwurzel, an der sich oberhalb der abgestorbenen Spitze eine fleischige Ersatzwurzel gebildet hat. (Nach NOBBE.)

Die Adventivwurzelbildung infolge des Krümmungsreizes oder einer Verletzung der Wurzel wird übrigens technisch in der Baumzucht fortwährend verwertet. Bei dem Verpflanzen der Sämlinge unserer Wald- und Obstbäume wird entweder die Pfahlwurzel schneckenförmig gekrümmt in das Pflanzloch gebracht, oder sie wird um etwa ein Drittel verkürzt. Stärkeres Zurückschneiden ist nicht empfehlenswert, weil die Adventivwurzelbildung immer schwächer wird, je ältere Regionen der Achse gekrümmt oder angeschnitten werden.

b) Spezielle Erkrankungen.

Rückgang in der Kultur der Lärche.

Als ein schlagendes Beispiel für die Nachteile, die sich bei der Kultur von Pflanzen aus dem Gebirgsklima in der Ebene herausbilden, möchten wir den vielfach bemerkten Rückgang der Lärchenpflanzungen ansehen. KIRCHNER[1]) erwähnt bei der Schilderung der Lebensgeschichte dieses Waldbaumes, dafs derselbe ein echter Hochgebirgsbaum des europäischen Alpen- und Karpathensystems sei. Der natürliche Verbreitungsbezirk erstreckt sich von der Dauphiné durch die Schweiz über Vorarlberg, die Bayrischen und Salzburger Alpen nach dem Mährisch-Schlesischen Gesenke, den Karpathen bis zu dem Hügelland Südpolens. Die obere Höhengrenze liegt für die Lärche etwa bei 2400 m, die untere in den Alpen bei 423 m, im Schlesischen Gesenke ungefähr bei 357 m. Während sie in Schottland, Schweden, Norwegen sehr gut gedeiht, kommt sie im mittlern und nördlichen Deutschland sowie in Frankreich nicht gut fort. Bei gemeinsamem Vorkommen pflegt mit Ausnahme der obersten Höhenregionen meist die Lärche von der Fichte zurückgedrängt zu werden, falls nicht letztere auf trocknem Boden steht und dann im Längenwachstum hinter der ersteren zurückbleibt. Von allen einheimischen Nadelhölzern ist die Lärche der am meisten lichtbedürftige Baum, der mit einer so starken Transpiration ausgestattet ist, dafs dieselbe nicht nur alle Nadelhölzer, sondern auch die meisten Laubbäume übertrifft. Wegen der Un-

[1]) Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Bd. 1. Lief. 2. S. 157. Stuttgart, Ulmer 1904.

empfindlichkeit, welche sie in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiete gegen die Winterkälte zeigt, ist die Lärche viel mehr in ihrem Gedeihen von der im Sommer herrschenden Wärme abhängig; sie liebt Gegenden mit einem beständig und gleichmäfsig warmen Sommer und ausgiebigen Luftwechsel, eine Winterruhe von mindestens vier Monaten, darauf einen kurzen Frühling und einen raschen Übergang vom Frühling zum Sommer. Bei ihrer äufserst frühen Belaubung vermag sie eine sehr kurze Vegetationszeit auszunutzen.

Diese Angaben stützen sich auf die Beobachtungen zahlreicher Spezialisten und dürfen daher als durchaus zutreffend anerkannt werden. Betreffs der stofflichen Zusammensetzung erhalten wir einen Einblick durch die Arbeiten von WEBER[1]). Derselbe untersuchte Stammabschnitte und im Oktober gepflückte Nadeln von Lärchen der Bayrischen Alpen, aus dem Spessart, aus der Maintalebene usw. Trotz der Verschiedenartigkeit des Bodens ergaben sich doch übereinstimmende Resultate betreffs des Einflusses der Höhenlage, welche Verfasser folgendermafsen zusammenfafst:

Die organische Substanz der Nadeln nimmt in einer bemerkenswerten Regelmäfsigkeit mit der absoluten Höhe der Standorte zu; umgekehrt stellt sich der Gehalt an Reinasche. Der Aschengehalt ist auch ein absolut gröfserer, wenn die Lärche im Flachlande oder Mittelgebirge wächst, so dafs also zur Herstellung der gleichen Menge verbrennlicher Substanz immer mehr Mineralstoffe von der Pflanze aufgenommen werden, je mehr ihr Anbau in die Ebene hinabsteigt. Gerade die wichtigsten Aschenbestandteile, Kali und Phosphorsäure, zeigen gegenüber den Alpenlärchen bei den Exemplaren der Ebene eine regelmäfsige Zunahme. Betreffs des Kalkgehaltes steht zwar auch die Lärche der Ebene obenan, doch scheint hier die Bodenbeschaffenheit sehr mafsgebend zu sein. Magnesia und Schwefelsäure zeigen unbedeutende, Eisenoxyd und Kieselsäure wiederum gröfsere Zunahme.

Aus den WEBER'schen Untersuchungen erkennt man, wie sehr sich die Lebensweise dieses Hochgebirgsbaumes und seine stoffliche Zusammensetzung mit dem Niedersteigen in die Ebene ändern, und es ist die Frage nunmehr nahegelegt, ob sich nicht auch der anatomische Bau bei den gänzlich abweichenden Lebensverhältnissen in der Ebene ändern wird. Vor allen Dingen bietet die Ebene die starken Kontraste der äufserst intensiven Sommerhitze mit starker Winterkälte; dazu kommen die langsamen Frühjahre mit ihren bisweilen im Februar, stets aber im März eintretenden sommerlichen Tagen und darauffolgenden Rückfällen. Von ausschlaggebender Bedeutung aber dürften die Herbste der Ebene sein, bei denen eine relativ warme, feuchte Periode sich nicht selten bis in den Dezember hineinzieht und die Vegetation nicht zum Abschlufs kommen läfst. Man denke nur an unsere Eichen- und Apfelbäume, die das Laub an den Spitzen der Zweige häufig genug den ganzen Winter über behalten. Bei den Apfelbäumen, namentlich bei Spalier- und Schnurformen, bilden manche Sorten im Herbst gar keine Terminalknospe aus, sondern das jüngste Blatt bleibt einfach im Winter auf einer jugendlichen Entfaltungsstufe stehen.

---

[1]) R. WEBER, Einflufs des Standortes auf die Zusammensetzung der Asche von Lärchen. Allgem. Forst- u. Jagdzeitung 1873, S. 367, und in BIEDERMANN's Centralbl. f. Agriculturchemie, 1875, S. 336.

Bei der Lärche äufsern sich derartig lange feuchte, relativ warme Herbste in der Form, dafs nach dem normalen sommerlichen Abschlufs des Jahresringes noch einmal einige Lagen Frühlingsholz gebildet werden, wie ich direkt zu beobachten mehrfach Gelegenheit gehabt habe. Also in der Ebene findet in solchen Fällen der Eintritt einer vollkommenen Ruheperiode, den Kirchner als erforderlich zur normalen Entwicklung der Lärche betont, nicht statt, und die nächstliegende Folge wird häufig der Verlust der gerühmten Frostwiderstandskraft sein. Mit dem Eintritt der Frostwunden öffnen sich die Einfallspforten für alle Wundparasiten, die bei dem vielfach dichten Bestande der Lärche in der Ebene und der dadurch bedingten feuchten, unbewegten Luft die günstigste Gelegenheit zur Ansiedlung und Ausbreitung finden. Daher sehen wir so reichlich den Pilz des sog. Lärchenkrebses, die *Dasyscypha (Peziza) Willkommii,* in unseren alten Beständen und die mit Flechten überzogenen Stämme des Stangenholzes.

Aus diesen der Natur des Baumes gänzlich zuwiderlaufenden Anbauverhältnissen in der Ebene erklärt sich die Klage, dafs die Bäume in Nordwest- und Mitteldeutschland und in Frankreich durchschnittlich kein freudiges Gedeihen zeigen. Und dies ist der Grund für den Rückschlag, der auf die allgemeine Begeisterung der Forstleute für den Lärchenanbau eingetreten ist.

In neuester Zeit bricht sich die Erkenntnis von der Fehlerhaftigkeit unserer Kulturmethoden und der Haltlosigkeit der weitverbreiteten Annahme, dafs die Lärche allenthalben angepflanzt werden könne, in forstlichen Kreisen mehr und mehr Bahn. Am bezeichnendsten ist das Erscheinen eines kleinen Schriftchens von dem Forstmeister Boden in Hameln[1]), welcher beobachtete, dafs der Lärchenkrebs nur dort auftritt, wo der Baum in Unterdrückung gebaut wird oder allmählich durch den Einflufs anderer Bestände in Unterdrückung gerät. Der rote Faden in seinen beachtenswerten Darstellungen ist, „dafs die Sonne die Amme der Lärche ist“. — In Übereinstimmung mit dieser Erfahrung steht das Ergebnis einer Umfrage der englischen Dendrologischen Gesellschaft, über welches Sommerville berichtet[2]). In England scheint der Lärchenkrebs danach in Zunahme begriffen zu sein und vorzugsweise Bäume von 7 bis 15 Jahren heimzusuchen. Feuchtigkeit bei geschlossenen Lagen begünstigt die Krankheit, die auf den Höhen weniger als in den Niederungen auftritt. Viele praktische Forstleute behaupten, dafs eine Vererbung der Krankheit durch den Samen stattfinde; und wenn auch Sommerville diese Anschauung nicht teilt, so mag er doch die Annahme einer erblichen Disposition nicht von der Hand weisen. Auch sei die Behauptung, dafs die Baumschulen die Krankheit verbreiten, nicht gänzlich zu verwerfen.

Wir verstehen nunmehr vollkommen derartige Angaben, die auch in Deutschland nicht selten zu hören sind. Solche Dispositionen zur Erkrankung bestehen eben in dem veränderten Wachstumsmodus, der durch die Übertragung des Baumes aus der Gebirgsregion in die Ebene vielfach bedingt und wodurch seine natürliche Immunität gebrochen wird. Dafs die Baumschulen mit ihrer aus wirtschaftlichen Gründen

---

[1]) Die Lärche, ihr leichter und sicherer Anbau in Mittel- und Norddeutschland durch die erfolgreiche Bekämpfung des Lärchenkrebses. Leipzig 1899.

[2]) Report by Dr. Sommerville on the inquiry conducted by the Society into the disease of the larch. Transact. of the English arboricultural Society. Vol. III. Part IV. 1893—94.

entschuldbaren schnellen Anzucht der Sämlinge in gedüngtem Boden diese Verweichlichung der Lärche begünstigen, ist verständlich; Ähnliches finden wir auch bei anderen Nadelhölzern. Wir haben beispielsweise Gelegenheit gehabt, aus Baumschulen und forstlichen Saatkämpen Kiefernsämlinge zu untersuchen, die an der Schütte zu leiden begannen, und haben stets dann nachweisen können, dafs bereits im ersten Jahresringe die Anfänge von Resinosis vorhanden waren.

Ähnliche Resultate betreffs der Differenz des Aschengehaltes wie bei der Lärche fand Weber[1]) auch bei dem Buchenlaub. Bei Untersuchungen aus 11 verschiedenen Standorten ergab sich, dafs das Aschenprozent in den Hochlagen über 1000 m Meereshöhe ein bedeutend niedrigeres war als bei Buchenlaub aus den Tieflagen. Letzteres zeigte in seiner Asche aber einen geringen Teil an Kali, Phosphorsäure und Schwefelsäure, während die Blätter aus den Hochlagen so reich wie junges Laub an diesen Stoffen sich erwiesen; bei Kalk und Kieselsäure war die Verteilung umgekehrt. Die Gröfse und das Gewicht eines Durchschnittsblattes nehmen mit der Höhe ab. Betreffs gestaltlicher Änderungen gibt H. Hoffmann (Rückblick auf meine Variationsversuche, Bot. Z., 1881, S. 431) das Beispiel an, dafs *Salix herbacea* und *reticulata*, vom Hochgebirge in die Niederung verpflanzt, sich mit ihren neuen Sprossen aufrichten, statt am Boden zu liegen. Bei dem Übergange aus der Niederung ins Hochgebirge wird *Solidago Virga aurea* ein armblütiger Zwerg. *Plantago alpina* ist eine magere, nicht samenbeständige Gebirgsform der *Pl. maritima* mit kurzer Ähre. Die Länge der Ähre stieg in der Niederung in zweiter Generation von 15 auf 18 mm; die Blätter wurden breiter und selbst gezähnt. Die Blüten wurden auf der Höhe weniger zahlreich, aber nicht kleiner. *Hieracium alpinum* brachte in der Niederung einzelne Exemplare mit hohen, stark verzweigten Stengeln; *Aster alpinus* wurde in einzelnen Exemplaren breitblättriger. *Gnaphalium Leontopodium*, das Edelweifs, lockert in der Ebene seine Blütenköpfchen und Behaarung.

Die Erfahrungen, welche bei dem Übertragen der Lärchen aus dem Gebirge in die Ebene gemacht worden sind, erscheinen uns als sehr ernste Mahnungen, die natürlichen Ansprüche der Bäume mehr zu berücksichtigen und nicht, gestützt vielleicht auf eine Bodenanalyse, zu glauben, dafs jeder Baum dort gedeihen müsse, wo Nährstoffe für ihn reichlich vorhanden sind. Die grofsen physikalischen Bedingungen, wie Durchlüftungs-, Beleuchtungs- und Feuchtigkeitsverhältnisse, sind ausschlaggebende Faktoren, welche, entsprechend berücksichtigt, die natürliche Immunität des Baumes erhalten und die kleinliche lokale Bekämpfung der Parasiten überflüssig machen.

Mifserfolge bei unsern Tropenkulturen.

Wie jede Nation mit Beginn ihrer Kolonialtätigkeit, müssen auch wir die Erfahrung machen, dafs bei den neueingerichteten tropischen Kulturen grofse Verluste eintreten. Ein wesentlicher Faktor für die Entstehung wirtschaftlicher Schäden ist, wie wir glauben, in der un-

---

[1]) Weber, Einflufs des Standortes auf den Aschengehalt des Buchenlaubes. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 1875, S. 221, cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1875, II, S. 325. — (Der prozentische Aschengehalt und namentlich Kalk und Kieselsäure steigen um so mehr, je langsamer die Pflanzen wachsen.)

genügenden Berücksichtigung der heimatlichen Vegetationsverhältnisse zu suchen, aus denen die tropischen Nutzpflanzen in ihren verschiedenen Kulturformen stammen. Betreffs der Übertragung von Pflanzen aus der Ebene in ein Höhenklima ist nächst der abnehmenden Lufttemperatur die Zunahme der relativen Feuchtigkeit von besonderer Wichtigkeit. Diese Verhältnisse setzen z. B. dem Getreidebau eine schnelle Grenze. Nach Fesca's Mitteilungen (l. c. p. 42) gedeihen unsere Getreidearten in den niederen Regionen der Tropen überhaupt nicht, und in den Höhen wird das Reifen der Samen unsicher. Auf Java und Ceylon wird der Anbau unserer Getreidearten und Hülsenfrüchtler behufs Samengewinnung schon in Höhenlagen von kaum 2000 m fraglich.

Von besonderem Wert ist dagegen, namentlich für tropische Kulturen, die Verringerung der Gegensätze zwischen Sommer- und Wintertemperatur. Manche Pflanzen, denen es in der Ebene zu heifs ist, gedeihen in dem gleichmäfsigeren Höhenklima besser. So erwähnt Fesca [1]), dafs der Kakao am besten in tropischen Höhenlagen von etwa 500 m gedeiht, der arabische Kaffee in 600 bis 1200 m Höhe und mehr, der Tee in 1000 bis 2000 m. Für das Zuckerrohr dagegen sind Lagen notwendig, in denen Perioden mit hohen Wärmegraden auftreten. Dementsprechend dehnt sich der Anbau des Zuckerrohrs in den subtropischen Ebenen vielfach bis zum 35. Breitengrade, im Mittelmeergebiet sogar bis zum 36. Breitengrade aus, wo das Temperaturmittel während zwei bis drei Sommermonaten über 25° C. steigt. Der Anbau von Fabrikrohr erfolgt aber selbst im engeren Tropengürtel selten höher als bis 300 m. Wohl wird es noch höher hinauf angepflanzt, aber nur noch zu Stecklingszwecken benutzt, weil der Zuckergehalt zu schnell abnimmt. In solchen Höhen entgeht aber das Rohr der jetzt so gefürchteten „Serehkrankheit", und man hat deshalb auch vorgeschlagen, die Fabrikfelder derart zu regenerieren, dafs man von ergiebigen Kultursorten Stecklingsfelder in Höhenlagen einrichtet und deren Material wieder zur Kultur in der Ebene benutzt.

Auch bei anderen tropischen Kulturen ist nicht die Gleichmäfsigkeit des Klimas ausschlaggebend, sondern das Vorhandensein hoher Sommertemperaturen, da dieselben zur Fruchtreife notwendig sind. So findet man wohl im engeren Tropengürtel noch Kokospalmen bis 1000 m Höhe, aber fruchttragende Exemplare sieht man schon in 900 m Höhe selten. Ebenso führt Fesca die Pompelmus an, die kühlere Wintertemperatur verträgt, aber zur Fruchtreife hohe Sommerwärme beansprucht. Deshalb gelangt dieselbe z. B. in Japan zwischen 31 und 32° Br. mit einem Jahresmittel von 16,5° C. noch zur Reife, während sie in Bandoeng auf Java bei 714 m Höhe und einem Jahresmittel von 22,7° C. keine Früchte ausreift. Die Temperatur für die Fruchtreife liefert Japan in den Monaten Juli und August, wo das Monatsmittel über 26° C. hinausgeht und noch im September über 24° C. beträgt. Solche Temperaturmittel werden aber in Bandoeng niemals erreicht.

Vorteilhaft macht sich der Gebirgscharakter bei der Teekultur geltend. Der reichliche Niederschläge liebende Teestrauch ist seiner Heimat nach eine subtropische Pflanze. Durch Ausnutzung des Höhenklimas kann er in den Tropen mit Vorteil gebaut werden. So findet

[1]) Der Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen von Prof. Dr. Fesca. T. I. Berlin, Süfserott, 1904. S. 41.

er sich auf Java, Ceylon und in Indien bis 2000 m Meereshöhe; die höchsten Pflanzungen im Himalaja finden sich etwa bei 2200 m. Der Tee aus höheren Lagen ist sogar der geschätztere; in den tropischen Ebenen werden zwar gröfsere Blattmengen geerntet, aber die Qualität der Blätter ist eine geringere.

Bei der Kaffeekultur sündigen wir vielfach durch Einführung der Pflanzen in schattenlose Ebenen. Der Kaffee ist eine tropische Höhenpflanze, welche Gleichmäfsigkeit des Klimas liebt. Das Mifsraten in der Ebene wird oft genug auf die grofsen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen zurückzuführen sein, die sich in der Ebene um so stärker geltend machen müssen, je weniger für Beschattung Sorge getragen wird. In der subtropischen Zone wird die Sommertemperatur zu hoch und die Wintertemperatur zu gering, so dafs das Wachstum des Baumes, das normalerweise ununterbrochen vor sich gehen soll, zeitweise einen Stillstand erleidet.

In noch höherem Grade beansprucht der Kakao, dem es kaum jemals zu warm werden kann, eine gleichmäfsige hohe Feuchtigkeit der Luft und des Bodens nebst Windschutz und Schatten. Innerhalb seines Anbaugebietes, des engeren Tropengürtels bis etwa 500 m Meereshöhe, bildet er zahlreiche Formen, aber bei allen ökologischen Varietäten machen sich dieselben Ansprüche an den Klimacharakter geltend, und Fesca (a. a. O. S. 240) empfiehlt die Beachtung des Schattenbedürfnisses namentlich für junge Kulturen. Eine hierhergehörige Krankheit beschreibt Zehntner[1]). Dieselbe erscheint in Form brauner Flecke in der Rinde ein- bis zweijähriger Bäumchen. Nach dem Verpflanzen sind die Stämmchen mehr dem Winde und der Sonne ausgesetzt, und nun platzen einzelne Rindenstellen auf.

2. Neigung der Bodenoberfläche.

Bei Prüfung der lokalen Abänderungen in den Einflüssen der geographischen Lage fällt ferner die Neigung der Bodenoberfläche ins Auge. Es handelt sich dabei hauptsächlich um eine Neigung von 1 bis 10° und allenfalls bis 15° gegen den Horizont; denn die stärker geneigten Böden werden sich schon schwerer zu Acker eignen. Über einen vorteilhaften Einflufs der Neigung der Bodenoberfläche hat Noll[2]) berichtet. Seine Versuche zeigten, dafs auf künstlich hergerichtetem Wellenland eine Vergröfserung der Anbaufläche erzielt wurde, welche bei Salatkultur die Erntemenge um 31 % steigerte. Aber selbst bei geringen Neigungen macht sich mit der Zeit doch auch ein bereits erwähnter störender Einflufs geltend. Die Regengüsse nämlich führen die Feinerde allmählich abwärts und lassen das Quarzskelett des Bodens zurück.

Die Himmelsgegend, nach welcher hin das Kulturland geneigt ist, fällt aufserdem sehr ins Gewicht. Die südlichen oder südöstlichen Abdachungen sind wegen der grofsen Witterungsschwankungen die gefährlichsten. Die hier herrschende höhere Temperatur verursacht im Frühjahr eine schnellere Entwicklung, im Sommer eine gröfsere Gefahr des Vertrocknens der Vegetation; denn sie ist nicht nur für die

---

[1]) Proefstation voor Cacao te Salatiga. Bull. 4.

[2]) Noll, Vergleichende Kulturversuche. Cit. Bot. Jahresb. 1900. II, S. 304.

Südwinde, sondern auch für die trocknen Ost- und Südostwinde und allerdings auch für die kühlen, feuchten Westwinde offen; nur vor dem Nordwinde ist sie geschützt. Da aber während des Frühjahrs, also der Hauptvegetationszeit die trocknen Winde vorherrschen, so trocknen die südlichen Abhänge ganz besonders aus, und an Bergen ist infolgedessen die Südseite am schwersten wieder zu bepflanzen und findet sich daher meist kahl.

Ein Vorteil der Südlage kann sich in kurzen, kühlen Sommern zeigen: hier kann durch solche Lage allein bisweilen die Fruchtreife kurzlebiger Pflanzen ermöglicht werden. Darum nutzt man am besten die Neigung nach Süden durch die Kultur solcher Gewächse aus, welche der Frucht wegen gebaut werden und deshalb einer erhöhten Wärme- und Lichtwirkung bedürfen. Eine kältere Lage dagegen wird besser für den Anbau solcher Gewächse Verwendung finden, deren Blatt- und Holzkörper zur Verwertung bestimmt ist.

Bei der Kultur monocarper Gewächse, wie unsere Gemüse sind, kommt die Schädlichkeit der sonst so bevorzugten Lage, nämlich die leichte Beschädigung durch Frühjahrsfröste, nur dann zur Geltung, wenn die Bestellung mit Pflanzen zeitig im Frühjahr vorgenommen wird. Gröfser ist der Schaden bei empfindlichen polycarpen Pflanzen, wovon unsere Nufsbäume ein gutes Beispiel liefern. Hier finden wir in günstigen, warmen Lagen häufig eine Mifsernte, während in demselben Jahre die rauhen Lagen reichlich Nüsse liefern. Im ersteren Falle haben die durch stärkere Erwärmung früher herausgelockten jungen Triebe und Blütenknospen durch einen Nachtfrost gelitten, der an den in hohen, rauhen Lagen befindlichen Exemplaren, die in der Entwicklung noch zurück waren, schadlos vorübergegangen ist.

In der Gartenkultur sucht man bei Benutzung der Vorteile solcher Lagen die Nachteile der Frühjahrsfröste zu vermeiden, indem man die Pflanzen künstlich zurückhält. Dies geschieht durch längere Bedeckung, indem entweder noch Schnee auf die zarten Pflanzen geschaufelt oder Matten und Streu noch vermehrt werden. Bei Obstbäumen häuft man Schnee, Eis und Deckmaterial um die Basis, um die Erwärmung des Bodens und die Erregung gröfserer Wurzeltätigkeit möglichst hinauszuschieben.

Die kalte nördliche Lage wird sich zur Benutzung durch Wiese und Wald empfehlen. Ostabdachungen werden für sandige Bodenarten wegen ihres schnelleren Austrocknens gefährlich und daher bei schwerem Boden vorteilhafter; umgekehrt verhält sich die feuchte Westseite.

Welche Wärmedifferenzen schon durch eine Neigung von 10° hervorgerufen werden können, wenn man alle übrigen Verhältnisse als gleich annimmt, berechnet Holzner[1]) an einem Beispiel, in welchem er unter dem 50.° n. B. eine um 10° südlich geneigte Fläche einer anderen mit 10° nördlicher Neigung gegenüberstellt. Die Summe der auffallenden Sonnenstrahlen verhält sich bei S. zu N. annähernd wie 3 : 2.

Betreffs der Erwärmung des Ackerlandes sind die Untersuchungen

[1]) Holzner, Die Beobachtungen über die Schütte der Kiefer oder Föhre und die Winterfärbung immergrüner Gewächse. Freising 1877.

von WOLLNY[1]) besonders erwähnenswert. In dieser Arbeit finden sich Beobachtungen von KERNER[2]) über die verschiedene Erwärmung der einzelnen Seiten eines Hügels citiert, die an die vorhergehenden Bemerkungen sich zunächst anschliefsen. Das Mittel aus dreijährigen Beobachtungen ergab, dafs die Expositionen in abnehmender Wärme folgendermafsen sich gruppieren. Die wärmste Lage war SW.; dann folgten S., SO., W., O., NO., NW., N. Diese Skala zeigt, dafs in Wirklichkeit die einzelnen Lagen sich nicht so verhalten, wie man theoretisch anfänglich wohl vermuten sollte. Man möchte zunächst glauben, dafs für gleiche Abstände der Sonne vom Meridian auch die Insolation gleichstark wäre, also die Südostseite dieselbe Wärmemenge wie die Südwestseite erhalten müfste. Dafs dies tatsächlich nicht der Fall, erklärt sich KERNER damit, dafs nachmittags die Sonne in gleicher Höhe kräftiger wirke, weil die Saturation der Luft mit Wasserdampf nachmittags niedriger und daher auch die Absorption der Sonnenstrahlen geringer sei als in den Vormittagsstunden. Ein weiterer Grund wird von LORENZ[3]) citiert. Die Südwestseite hat nämlich länger Zeit als die Süd- und Südostseite gehabt, um von Tau und Regennässe zu trocknen; sie ist gleichsam vorgewärmt, und dasselbe Wärmequantum fällt auf einen trockneren Boden, den es demgemäfs mehr erwärmt.

Wichtiger für die Kulturen als der Jahresdurchschnitt ist aber das Monatsmittel, eventuell das Wärmemaximum in den einzelnen Jahreszeiten. In dieser Beziehung ergeben die KERNER'schen Thermometerbeobachtungen, dafs nur im Winter (von November bis April) das Maximum der Bodentemperatur auf der Südwestseite liegt, dafs dagegen von Mai bis August die Südostseite die höchste Wärme zeigt; im September und Oktober ist die Südseite am höchsten erwärmt. Diese Wanderung des Maximums dürfte sich durch die im Hochsommer eintretenden trocknen Ost- und Südostwinde zwanglos erklären lassen, welche (immer gleiche physikalische Bodenbeschaffenheit vorausgesetzt) den Boden schneller abtrocknen und damit besser erwärmungsfähig machen.

Während die Untersuchungen von KERNER in einem natürlichen, aus diluvialem Sande bestehenden, mit ziemlich steilen, grasbewachsenen Böschungen versehenen Hügel bei Innsbruck angestellt wurden, experimentierte WOLLNY mit einem künstlich aus gesiebtem, humosem Kalksandboden errichteten Hügel, dessen Mantel zur Horizontalebene einen Winkel von 15° bildete. Hier waren also die Verhältnisse den zum Ackerbau tatsächlich noch verwendbaren Steigungen des Landes angepafst.

Die WOLLNY'schen Beobachtungen bestätigen zunächst die von KERNER erhaltenen Resultate betreffs der Wanderung des Wärmemaximums von Südost im Sommer nach Südwest im Winter. Ferner zeigt sich, dafs im allgemeinen die südlichen Lagen (SW., S., SO.) gröfseren Temperaturschwankungen ausgesetzt sind gegenüber den anderen, von denen die nördliche Abdachung die ge-

---

[1]) WOLLNY, Untersuchungen über den Einflufs der Exposition auf die Erwärmung des Bodens. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. I, S. 263.

[2]) KERNER, Über Wanderungen des Maximums der Bodentemperatur. Zeitschr. d. österr. Ges. f. Meteorologie. Bd. VI, Nr. 5, 1871, S. 65 ff.

[3]) LORENZ und ROTHE, Lehrbuch der Klimatologie. Wien 1874. S. 306.

ringsten Schwankungen aufzuweisen hat. Bei einer anderen Versuchsreihe zur Feststellung der Temperatur der Seitenflächen von Beeten bei verschiedener Lage gegen die Himmelsrichtung, im Vergleich zur Temperatur einer ebenen Ackerfläche in 15 cm Tiefe während der wärmeren Jahreszeit ergab sich folgendes. Die Südseite ist am wärmsten; dann folgt im Mittel die ebene Ackerfläche, an dritter Stelle die Ost- und Westseite, während die nördliche Abdachung des Beetes als die kälteste erscheint. Wenn nun die Beete von Ost nach West gerichtet sind, kommt eine Längsfläche nach Süden, die andere nach Norden zu liegen, und so haben diese beiden Flächen die gröfsten Temperaturdifferenzen, die sich in der Vegetation wohl abspiegeln können. Es ist daher günstiger, wenn man überhaupt den Acker in Beete legen will oder mufs, dieselben von Nord nach Süd verlaufen zu lassen. Am vorteilhaftesten wegen der gleichmäfsigen und durchschnittlich höheren Erwärmung ist der Anbau in ebener Ackerfläche, deren Temperatur zwar niedriger als die eines nach Süden geneigten Abhanges ist, aber die sämtlicher anderen Expositionen übersteigt.

Die Vorteile der südlich geneigten Lage treten, wie spätere Versuche[1]) ergaben, aber auch nur dann in die Erscheinung, wenn stets genügende Feuchtigkeit vorhanden ist. Bei trockner Witterung oder unregelmäfsig verteilten Niederschlägen vermindern sich die Ernteerträge. Ja, bei extrem trockner Witterung wurden auf der Nordseite, die sonst die geringsten Ernten liefert (und zwar um so geringere, je stärker der Neigungswinkel ist), die höchsten Erträge erzielt. Darauf folgten West- und Ostseite; die geringste Produktion zeigte sich auf der Südseite.

Natürlich sprechen auch noch andere Verhältnisse stets mit, so z. B. wird bei hinreichender Feuchtigkeit und zusagender Feinkörnigkeit des Bodens auch die Bodenfarbe wirksam. Je dunkler die Erde, desto mehr wird das Pflanzenwachstum gefördert. Bodengemische ergeben bessere Ernten wie reine Torf-, Sand- oder Lehmböden.

a) Zu steile Lage.

Bodenflächen von mehr als 15 bis 20° Steigung auf kleinem Raume werden, soweit als möglich, als Wiese und Weideland benutzt werden müssen, wenn nicht der Garten- und Weinbau eine teure Terrassierung lohnen. Wenn die Steigung einer Fläche einem halben rechten Winkel nahekommt, ist dringend zu raten, jede vorhandene Vegetation zu belassen und in geeigneter Anpflanzung die Bewaldung zu versuchen oder zu vervollständigen.

Es liegt in dieser Verwendung so stark geneigter Flächen nicht nur die beste Nutzung, sondern auch der beste Schutz der an diese Flächen sich anschliefsenden unteren Kulturländereien. Derartig steile Lagen, die nur das Gebirge bietet, haben selten, selbst bei Bewaldung, eine tiefe Krume. Dieselbe kann sich aber nur gegenüber starken Regengüssen oder (bei anhaltender Trockenheit und reichem Sandgehalte) auch bei Stürmen erhalten, wenn sie von den Wurzelnetzen

---

[1]) Wollny, E., Untersuchungen über die physikal. Eigenschaften des Bodens auf das Produktionsvermögen der Nutzgewächse. Forsch. Geb. d. Agrikulturphysik XX, Heft 3, 1898, S. 291.

der stark im Felsgestein verankerten Bäume durchsponnen ist. Die Moospolster der Waldungen erhalten die für weitere Zersetzungen der Gesteine so notwendige Feuchtigkeit und vermehren die Geneigtheit zur Quellenbildung, deren Segen in der Ebene erst zur Geltung kommt. Betreffs des Wachstumsmodus der Bäume in steilen Lagen ist leicht zu beobachten, dafs das Mark exzentrisch geworden ist. Mer[1]) beobachtete bei den Tannen und Fichten der Vogesen, dafs an steilen Abhängen die Jahresringe an der nach dem Aufstieg hin gerichteten Baumseite sich stärker entwickeln als nach dem Abhange zu, was namentlich an der Stammbasis hervortritt. An nach Norden und Osten gelegenen Abhängen werden die Tannen und Fichten nicht nur höher und stärker, sondern auch bei dem einzelnen Baume entwickeln sich nach den genannten Himmelsgegenden die Jahresringe kräftiger. Wenn die Bäume sich krümmen müssen, zeigen an der Krümmungsstelle die Jahresringe der konvexen Seite sich stärker entwickelt.

Wir haben leider in unsern Kulturländern Beispiele genug, welche die traurigen Folgen der Abholzung steiler Abhänge zeigen. Die Bewaldung war hier das Produkt mehrhundertjähriger, ineinandergreifender Vorgänge, welche mit der Ansiedlung von Krustenflechten auf dem nackten Felsgestein wahrscheinlich begannen. Durch das Zurückhalten der Verwitterungsprodukte haben diese und allmählich gröfsere Pflänzchen zur Bildung einer Bodenkrume den Anfang gemacht und mit ihren verwesenden Leibern die ersten Humussubstanzen geliefert, die zum Gedeihen höherer Pflanzen den Boden immer passender machten. Einmal der Vegetationsdecke beraubt, schwemmen die Regengüsse die Krume abwärts und legen in der Höhe den steinigen Boden nackt, während sie in der Ebene die Kulturen verschlämmen. Je gröfser die Entwaldung im Gebirge, desto unregelmäfsiger wird der Wasserreichtum der Gebirgsflüsse, desto häufiger Überschwemmungen und Versandungen im Frühjahr und Wasserarmut der Flufsläufe in dürren Sommern.

Abgesehen von den direkten Verwundungen, die herabgeschlämmte Erdmassen durch die mitgeführten Steine hervorbringen, liegt die Hauptbeschädigung wesentlich in dem Bedecken der bisher der freien Luft ungehindert ausgesetzt gewesenen Pflanzenteile. Die meisten Pflanzen aber sterben ab, wenn sie dauernd tiefer gestellt werden, und nur diejenigen, welche die Fähigkeit besitzen, leicht Adventivwurzeln zu machen, vertragen Bodenaufschüttungen. Unter den krautartigen Pflanzen sind die Dünengräser (*Arundo arenaria L.*, *Elymus arenarius L.* u. a.) hervorzuheben; auch unsere Quecke (*Agropyrum repens P. B.*) arbeitet sich mit Leichtigkeit aus starker Verschüttung empor. Unter den Bäumen vertragen Weiden und Pappeln und namentlich der auf Kies und Sand vorkommende, an den Küsten Deutschlands, Frankreichs und Englands zu findende, mit seinen flachstreichenden Wurzeln zur Dünenbefestigung dienende Seekreuzdorn (*Hippophaë rhamnoides L.*) ein Verschütten ohne grofsen Nachteil. Dagegen ist die Stammbasis mancher Bäume, wie z. B. der Obstbäume, gegen starke Bodenaufschüttungen sehr empfindlich. Bisweilen wird auch unvorsichtigerweise bei dem Verpflanzen der Bäume oder dem Planieren grofser Flächen die früher frei gewesene Stammbasis durch zu tiefes Pflanzen

---

[1]) Mer, Des causes qui produisent l'excentricité de la moelle dans les Sapins. Compt. rend. t. CVI, 1888, S. 313.

mit Erde umgeben. Die dadurch hervorgerufenen Krankheitserscheinungen sind im folgenden ausführlicher behandelt. Unter den Topfpflanzen vertragen die Ericaceen das zu tiefe Einpflanzen am wenigsten. Man mufs annehmen, dafs der Sauerstoffmangel für die durch Auflagerung grofser Erdmassen zu tief gelegten Wurzeln die Ursache des Absterbens ist.

Aufser dem Verschlämmen der tiefliegenden Gelände verdient auch die Wurzelentblöfsung durch Nachrutschen des Bodens eine erhöhte Aufmerksamkeit. So lange der Waldbestand intakt bleibt, bilden die netzartig ineinandergewachsenen Wurzeln, wie gesagt, ein so engmaschiges Geflecht, dafs der Boden innerhalb desselben festgehalten wird. Wenn aber einmal durch Menschenhand oder Stürme Lücken gerissen worden sind, so dafs Entwurzelung eingetreten, dann stellen sich um so schneller Nachschübe von Boden höher gelegener Standorte ein, je lockerer der Boden ist und je mehr der Wind Zugang in die Bestandeslücke erhält. Abgesehen von den im Hochgebirge unaufhaltsam sich abspielenden Vorgängen dieser Art, denen wir meist machtlos gegenüberstehen, vollziehen sich aber auch im Flachland beständig Veränderungen des Waldbestandes, die das Blofslegen der Wurzeln durch Bodennachschübe zur Folge haben. Ganz besonders ist dies der Fall in Waldungen auf hügeligem Terrain bei Durchlegung von Strafsen. Der Waldboden ist meist locker oder wird durch das Abtrocknen gelockert, und sobald die Strafse einen mit gröfseren Bäumen bewachsenen Hügel durchschneidet, trifft man am Rande des Durchstichs die stelzenartig freistehenden Wurzeln, zwischen denen der Boden herausgerutscht oder fortgespült worden ist. Da die blofsgelegte Seite der Wurzelkrone die Verankerung des Baumes im Boden schwächt und die verminderte Wasserzufuhr die Kronenausbildung beeinträchtigt, so ist der Schaden ein doppelter.

Wenn man gegenüber solchem rücksichtslosen Durchkreuzen der Waldbestände zugunsten möglichster Abkürzung der Wege geltend macht, dafs der durch die Freistellung der an den Weg grenzenden Waldflächen gesteigerte Holzzuwachs der Bäume den Schaden aufhebe, so ist dies als ein Irrtum zu bezeichnen. Allerdings bewirkt die Freistellung unter Umständen wesentlichen Zuwachs, wie beispielsweise Hartig's[1]) Untersuchungen dartun. Er fand an drei seit 17 Jahren freistehenden 147 jährigen Kiefern, dafs der Zuwachs in den ersten zehn Jahren sich verdoppelt hatte, namentlich am unteren Stammteile, wo auch die Holzgüte, d. h. das Trockengewicht, zugenommen hatte. Aber es zeigte sich auch, dafs der Zuwachs auf das frühere Mafs zurücksank, als die Bodennahrung durch angepflanzte Fichten in Anspruch genommen wurde. Bei Bäumen mit einseitig freigelegten Wurzeln aber wird der geringere Wassergehalt des Bodens das an und für sich spärliche Nährstoffkapital des Sandes zu geringerer Verwendung kommen lassen und somit die Lichtstellung den Zuwachs kaum steigern. Aber selbst, wenn durch die plötzliche Lichtstellung eine bedeutende Zuwachssteigerung erzielt wird, ist damit doch noch nicht immer ein wirtschaftlicher Vorteil verbunden. Denn erstens vermehrt sich die Ästigkeit der Stämme, und zweitens wird das durch schnellen Zuwachs entstehende Holz grobfaserig. Dies geht aus den Beobachtungen von

---

[1]) Hartig, Über den Lichtstandszuwachs der Kiefer. Allg. Forst- u. Jagdzeitung LXIV, 1888, Januar.

Cieslar und Janka[1]) hervor, welche das nach weitständiger Kulturmethode erzogene Fichtenholz untersuchten. Bei sehr starker Massenproduktion zeigte das Holz ein auffällig geringes spezifisches Gewicht infolge schwacher Ausbildung des Herbstholzes und einer ungewöhnlichen Weite der Tracheiden im Hauptteil des Jahresringes. Dagegen rückt die Gefahr der Zopftrocknis oder Gipfeldürre vielfach nahe. Dies gilt auch für die im geschlossenen Bestand erwachsenen Laubhölzer. Die plötzlich freigestellte Krone, deren Blätter nach Bau und Funktion einer mäfsigen Belichtung angepafst sind, vermag nicht die Transpirationssteigerung und den Lichtüberschufs zu ertragen, und die Zweigspitzen trocknen teilweise zurück. Es ist daher im Interesse der Erhaltung alter Baumbestände namentlich auf Sandboden dringend zu raten, die Durchschneidung von Hügeln bei Wegeanlagen zu vermeiden und lieber den Weg um die Hügel herum zu legen. Plötzliche Freistellung kann aber nach Hartig[2]) auch zu Schädigungen führen, wenn durch die erhöhte Lichtzufuhr das Gegenteil von Zopftrocknis, nämlich hochgradige Steigerung der Kronenentwicklung, eintritt. Dieselbe hält einige Jahre an, so lange das verfügbare Nährstoffquantum im Boden ausreicht. Durch die infolge der hohen Lichtzufuhr sich vollziehende Vermehrung des Blattmaterials werden natürlich viel gröfsere Mengen von Mineralstoffen nötig als bei Wachstum im geschlossenen Bestande. Durch den Einflufs der Atmosphärilien kann aber auf der Waldblöfse nicht so schnell die genügende Menge löslicher Mineralbestandteile beschafft werden, und darum folgt auf eine Reihe fetter Jahre ein Rückschlag im Zuwachs der freigestellten Bäume, der durch „Bodenvermagerung“ herbeigeführt wird. Bei Nährstoffmangel aber, gleichviel, ob derselbe durch wirkliches Fehlen des Materials oder durch ungenügende Aufnahme seitens des Baumes infolge von Wurzelbeschädigung oder Wassermangel herbeigeführt wird, verschlechtert sich nicht nur die Zuwachsgröfse, sondern auch die Holzbeschaffenheit. Es wird, ähnlich wie bei zu beschleunigtem Wachstum, nur das dünnwandigere Frühjahrsholz, das Leitungsgewebe gebildet, aber wenig oder gar kein Festigungsgewebe, wie wir es im Spätholz vor uns haben.

Stelzenwuchs.

Im Anschlufs an die vorstehenden Betrachtungen empfiehlt es sich, der Erscheinung noch näher zu treten, dafs grofse Waldbäume mit dem älteren Teil ihrer Wurzeläste aufserhalb des Bodens sich befinden, so dafs die Stammbasis von einer Anzahl von Stelzen getragen wird. Der Nachteil dieser Stellung ist die geringere Verankerung der Bäume, die dadurch dem Windwurf leichter unterliegen. Teilweise kommt eine geringere Wasserversorgung und eine eigenartige Wurzelempfindlichkeit hinzu.

Man mufs bei solchem Stelzenwuchs zwei Typen unterscheiden, nämlich die namentlich bei Fichten beobachtete Erscheinung, dafs die

[1]) Cieslar, A., und Janka, G., Studien über die Qualität rasch erwachsenen Fichtenholzes. Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen. 1902. Heft 8.

[2]) Hartig, R., Über den Einflufs der Kronengröfse und der Nährstoffzufuhr aus dem Boden auf die Gröfse und Form des Zuwachses usw. Forstl. naturw. Zeitschrift VII, 1898, S. 78.

Stammbasis hoch über dem Bodenniveau erhaben ist und die starken Äste der Wurzelkrone überhaupt niemals im Erdboden gewesen sind.

Der andere Fall, der bei Kiefern auf stark welligem Sandboden nicht selten, zeigt, daſs die Stammbasis früher vom Boden bedeckt gewesen und häufig auch jetzt noch auf dem Bodenniveau ruht; es bleibt dabei ein Teil der Wurzelkrone von Erde bedeckt, während der andere Teil durch Absturz entblöſst worden ist. In extremen Fällen rutscht der gesamte Boden unter der Stammbasis fort, so daſs der Baum gänzlich auf Stelzen steht.

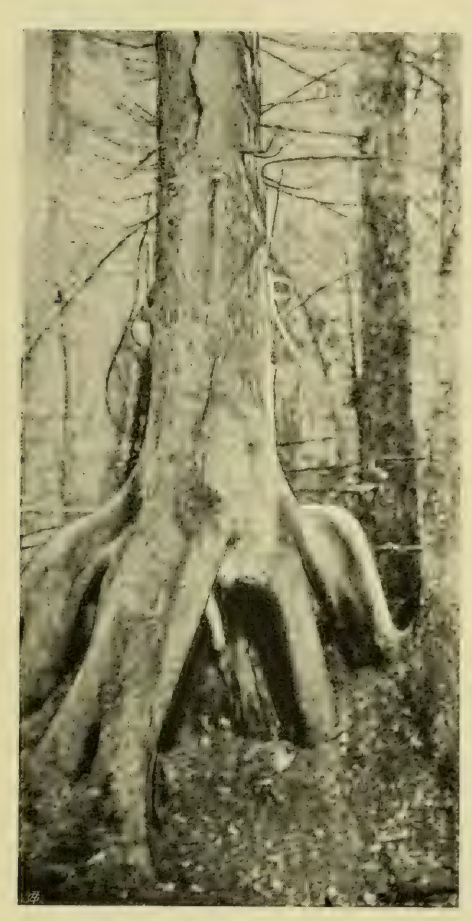


Fig. 4. Stelzenfichte bei Schönmünzach beim Stübewasen. (Nach L. Klein.)

Beispiele für den ersten Typus finden wir von L. Klein[1]) beschrieben und abgebildet (Fig. 4). Er erklärt das Zustandekommen der Erscheinung folgendermaſsen: Wenn im Gebirge Fichten oder Tannen geschlagen werden, bleibt ein Stammstück (Stock) stehen. Ein solcher Stock verwittert nun allmählich an seiner Oberfläche, die sich mit Moosvegetation bedeckt. Im Moospolster siedeln sich später Vaccinien und dergl. an, und so entsteht unter denselben eine dünne Humusschicht. Wenn nun durch natürlichen Samenanflug auf die bemooste Stockfläche Fichten oder Tannen gelangen, so kriechen die jungen Würzelchen bei fortschreitendem Wachstum unter der Moosdecke nach allen Seiten über die Oberfläche des Stockes und dann an dessen Seiten bis in den natürlich gewachsenen Boden hinab, um sich dort, wie jede andere Wurzel, weiter zu entwickeln. Im Laufe der Jahrzehnte erstarken die Wurzeln, während der alte Stock langsam vermodert. Die Frage, weswegen man meist Fichten, viel seltener Tannen und gar keine Laubhölzer mit Stelzenwuchs findet, beantwortet sich Klein damit, daſs der Wasserbedarf der Laubhölzer etwa zehnmal so groſs sei, wie derjenige der Nadelhölzer, und daſs daher ein Laubholzsämling auf der Stammfläche für die Dauer nicht genügend Wasser zu seiner Weiterentwicklung findet. Wenn auch nicht Stelzenwuchs, so doch ähnliche Vorkommnisse kann man bei Laubbäumen immerhin finden. Wir meinen den „Hülsenwuchs“, der besonders bei Weiden auftritt. Dort, wo noch alte Weiden an den Landwegen sich erhalten, begegnet

---

[1]) Klein, L., Die botanischen Naturdenkmäler des Groſsherzogtums Baden u. ihre Erhaltung. Festrede. Karlsruhe 1904. S. 13. Fig. 7.

man bisweilen der Erscheinung, dafs aus dem vermoderten Innern des hohlgewordenen alten Stammes ein neuer Stamm selbständig herauswächst, so dafs der Holzzylinder des alten Stammes wie eine weite Hülse den jungen Baum umgibt. Bei der Kopfhiebwirtschaft des Weidenbetriebes, bei welchem alljährlich oder in jedem zweiten Jahre die Krone gänzlich abgeschlagen wird, um möglichst zahlreich junge Ruten zu gewinnen, sind derartige Fälle erklärlich. Bei der schnellen Vermorschung des Weidenholzes an grofsen Hiebflächen bilden sich durch aufgewirbelten Strafsenstaub in den Vertiefungen der Wundfläche sehr schnell Erdnester, die von den verschiedensten Unkräutern alsbald besät werden. Gelangt nun einmal keimfähiger Weidensame in ein derartiges Erdnest, so findet das junge Pflänzchen genügenden Raum zu seiner Entwicklung, und die Wurzeln gelangen durch den Mulm des alten Stammes endlich zum natürlich gewachsenen Boden. Auch sieht man den Fall, dafs eine Adventivwurzel von besonderer Stärke von der Hiebfläche in der Baumkrone innerhalb des hohlen Stammes abwärts wächst und das Bild eines jungen Stämmchens wiedergibt.

Ein Fall, der in seiner Entstehung wahrscheinlich auf dieselben Verhältnisse wie bei dem Stelzenwuchs der Fichte zurückzuführen ist, wurde noch in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts in Kohlhasenbrück bei Neubabelsberg (Regierungsbez. Potsdam) gezeigt. Auf der Dorfstrafse stand ein etwa 75 cm hoher Stumpf einer alten Eiche, der durch Vermorschung des gesamten Kernholzes einen weiten Hohlzylinder bildete; dieser war bis zur halben Höhe mit Holzmulm und Erde angefüllt, und darin stand eine etwa dreifsigjährige gesunde Eiche wie in einer Hülse.

In Fichtenwaldungen begegnet man bisweilen den sog. „Harfenbäumen“, bei denen aus einem windgestürzten, aber mit einem Teil seiner Wurzeln im Boden befindlichen und daher lebend bleibenden Stamme eine Anzahl Seitenäste senkrecht als besondere Stämme sich erheben. Ihre Ernährung wird dadurch ermöglicht, dafs sie Adventivwurzeln entwickeln. Die Fichte ist überhaupt dasjenige Nadelholz, das am leichtesten durch Adventivorgane allerlei Beschädigungen zu überwinden imstande ist.

Sie verträgt am besten das Schneideln und wird daher am bequemsten zur Heckenbildung benutzt. Nur müssen die Hecken stets unter Schnitt gehalten werden, da sie sonst unten kahl werden. Die Leichtigkeit geköpfter Stämmchen, neue Gipfeltriebe zu bilden, die ebenso bei *Araucaria* zu finden ist, wird in der Gärtnerei bei der Stecklingsvermehrung mit Vorteil benutzt.

Äufserst spröde in ihren Regenerationserscheinungen dagegen ist die ältere Kiefer, bei welcher der vorerwähnte zweite Typus von Stelzenwuchs dadurch häufig zustande kommt, dafs bei hügeligem Standort durch Abstechen eines Hügels der lockere Sandboden abwärts rutscht. Im Kampfe um die Existenz aber kann die Kiefer, wenn sie aus Samen erwachsen, eine Blofslegung der Wurzeln wieder viel besser vertragen als Fichte und Tanne, und dies kommt von der spezifischen Neigung der Wurzeln, senkrecht in die Tiefe zu gehen. In den beiden Abbildungen, welche zwei Exemplare von *Pinus silvestris* aus dem Grunewald (hinter Paulsborn) bei Berlin darstellen, ist dieses senkrechte Abwärtsstreben in schönster Weise auch bei den Seitenwurzeln sichtbar.



Fig. 5. Stelzenkiefer aus dem Grunewald bei Berlin. (Orig.)



Fig. 6. Stelzenkiefer aus dem Grunewald bei Berlin. (Orig.)

Fig. 5 zeigt uns zwei hintereinander stehende Kiefern, welche ihre Stammbasis etwa 1 m hoch vom Boden entfernt tragen. Die starken Hauptäste der Wurzelkrone senden ihre Seitenäste, die sämtlich direkt auf der Unterseite entspringen, derart in die Erde, daſs dieselben parallel, und zwar fast senkrecht eindringen, was darauf hinweist, daſs die Kiefer ein Tiefwurzler ist. Das hinter diesem etwa 60 jährigen Baume stehende Exemplar ist jünger. Es ist in Fig. 6 von einer anderen Seite aufgenommen und zeigt das im rechten Winkel erfolgte Austreten der Seitenwurzeln von den ursprünglich horizontal ausgebreiteten Hauptästen der Wurzelkrone. Hier erkennt man aber in der Mitte des Stelzenapparates auch noch deutlich die ursprüngliche Pfahlwurzel, die als die Hauptstütze senkrecht in die Erde gegangen ist und auch jetzt noch den wesentlichsten Anteil an der Verankerung des gut benadelten Stammes im Sandboden hat.

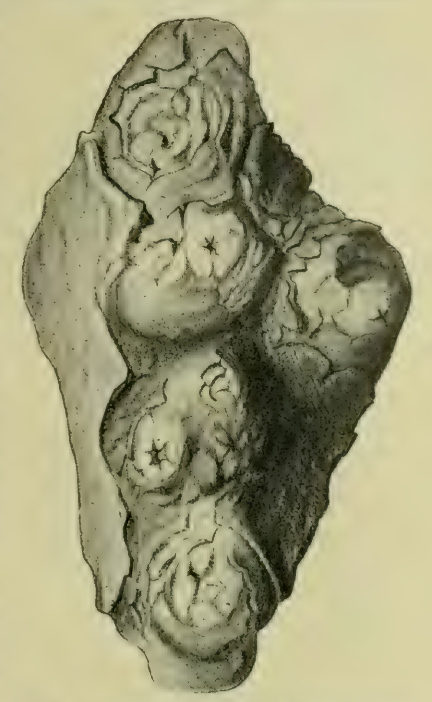


Fig. 7. Harzgallen mit Maserwuchs auf der Oberseite der Stelzenwurzel der Kiefer (nat. Gr.). (Orig.)

Wir haben dieser Form des Stelzenwuchses eine gröſsere Aufmerksamkeit zugewendet, weil noch ein anderes Vorkommnis erwähnenswert ist. Es zeigen sich nämlich auf der Oberseite der starken, mit Borke dick bekleideten Wurzeläste reihenweise zahlreiche Holzknollen. Dieselben sind in Fig. 7 in natürlicher Gröſse dargestellt und bilden halbkugelige, bis 1,5 cm hohe warzenähnliche Erhebungen mit trichterförmig vertiefter Mitte; in Färbung und Borkenbedeckung stimmen sie mit dem übrigen Wurzelkörper überein.

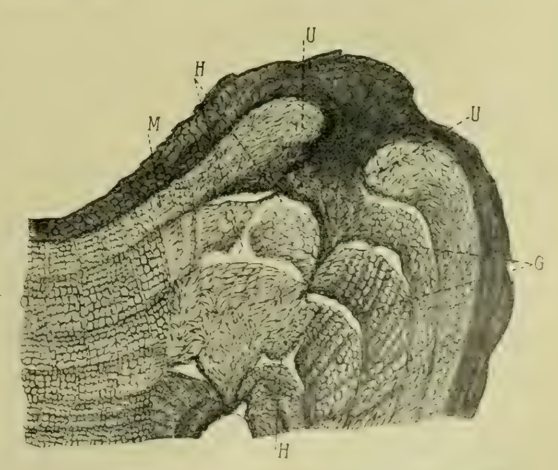


Fig. 8. Querschnitt durch eine Harzgalle auf der Stelzenwurzel der Kiefer. (Orig.)

Man vermutet zunächst, daſs man es mit adventiver Sproſsbildung zu tun habe, wobei die jungen Sprosse alsbald abgestorben und überwallt sind. Diese Vermutung liegt um so näher, da die Gebilde nur auf der Wurzeloberseite zu beobachten sind. Und es ist bekannt, daſs bei Stämmen, die zu Adventivbildungen geneigt sind, tatsächlich stets auf der stärkst belichteten Seite die reiche, bis zur Kropfmaser sich steigernde Adventivknospenbildung gefunden wird (*Tilia*,

Acer). Indes hat sich diese Vermutung meist nicht bestätigt, wie ein Querschnitt (Fig. 8) erkennen läfst. Derselbe zeigt die siebenjährige Überwallung eines Krankheitsherdes, der durch eine gleichartige Harzmasse gebildet ist. Diese durch Resinose des Holzkörpers entstandene Harzgalle ist nach aufsen aufgerissen und im folgenden Jahre überwallt worden. Die Überwallungsränder, die in den ersten Jahren noch miteinander verwachsen waren, sind in der späteren Zeit aber immer weiter voneinander zurückgetreten, und auf diese Weise ist die trichterförmige Öffnung am Gipfel der Holzknolle entstanden. Die neuen Jahresringe verharzen alljährlich, und zwar stets im ersten Frühlingsholz, das zum Teil aus parenchymatisch gestalteten Zellen besteht. Durch das Zusammentrocknen der resinosen Gewebe, teilweise auch durch Harzaustritt, entstehen die Harzlücken *(H)*, die immer schwieriger zu überwallen sind, so dafs die letzten Überwallungsränder *(U)* schon weit voneinander entfernt bleiben. Dabei zeigen dieselben einen äufserst unregelmäfsigen Bau, der zwischen je zwei starken Markstrahlen innerhalb desselben Jahresringes oft wechselt. In der Zeichnung zeigt *G* das normale Holz im Querschnitt und *M* den vollständig wimmerigen Verlauf der Tracheiden im Längsschnitt innerhalb desselben Jahresringes, wie bei den echten Masern.

Wir müssen daher diese Gebilde den Harzgallen anreihen und können betreffs ihrer Entstehung nichts anderes annehmen, als dafs die blofsgelegte Wurzel an ihrer den Witterungsextremen am meisten ausgesetzten Oberseite durch dieselben kleine Schädigungsherde erhalten hat, die das Gewebe zur Verharzung bezw. zur vollständigen resinosen Schmelzung veranlafsten. Als Schädigungsursache möchten wir den Frost, und zwar den Spätfrost, ansprechen. Denn die Schädigung zeigt sich, wie gesagt, stets an den Stellen des zuerst gebildeten Frühlingsholzes. Die Entstehung dieser Harzgallen zeigt somit an, dafs die im Stelzenwuchs blofsgelegten Wurzeln eine gröfsere Empfindlichkeit besitzen. Wenn dies der Fall ist, werden aber auch weniger extreme Fälle zu berücksichtigen sein und eine weitere Mahnung bilden, den Wurzelkörper nach Möglichkeit vor gänzlicher Entblöfsung zu bewahren. Das teilweise Blofslegen der an der Bodenoberfläche verlaufenden starken Wurzeläste und selbst das Abschleifen des Holzkörpers durch den Fufstritt des Menschen an viel begangenen Wegen halten wir für wirtschaftlich bedeutungslos. Die oberseits an ihrem Holzkörper geschädigte Wurzel produziert dann um so stärkere Jahresringe auf der entgegengesetzten in der Erde befindlichen Seite.

Am besten erkennt man die Verschiedenartigkeit der Bewurzelung bei unseren häufigsten Nadelhölzern, wenn man die Sämlingspflanzen unter ganz gleichen Verhältnissen nebeneinander erzieht. Dieser Versuch ist von Nobbe[1]) ausgeführt worden und hat folgende Resultate ergeben. Sechs Monate nach der Aussaat besafs die Kiefer 3135 Wurzelfasern in einer Gesamtlänge von 12 m, die Fichte 253 Fasern von zusammen 2 m Länge und die Tanne 134 Fasern von 1 m Gesamtlänge. In gedüngtem Sandboden vermochte der Kiefernsämling mit seiner Pfahlwurzel nahezu einen Meter tief binnen einem Jahre einzudringen, während Fichte und Tanne unter absolut gleichen Versuchsbedingungen nur ein Drittel so tief hinabgingen. Zugleich erzeugt die junge Kiefer fünf Wurzel-

[1]) Döbner's Botanik für Forstmänner. IV. Aufl., neu bearbeitet von Fr. Nobbe. Berlin. Paul Parey. 1882, S. 130.

ordnungen, die Fichte vier, die Tanne drei. Unter den Laubbäumen vermögen Eiche und Buche nach den Tharandter Versuchen ebenfalls im ersten Jahre ein weitverzweigtes Wurzelsystem mit einer fast meterlangen Pfahlwurzel zu bilden.

Aus diesen Zahlen erklärt sich die verschiedene Wasserbedürftigkeit der Nadelholzsaat. Fichte und Tanne mit ihrem schwächeren und alsbald flach sich ausbreitenden Wurzelapparat brauchen feuchte Bodenkrume, während die Kiefer derselben entbehren kann, ja, sogar leicht darunter leidet; sie bildet in den Saatkämpen, in denen Tanne und Fichte gut gedeihen, sehr häufig in dem jugendlichen Stämmchen pathologische Harzgänge im Holz und schüttet. Der Tiefgang der Kiefer erklärt auch ihre sog. „Genügsamkeit" und ihr gesundes Wachstum auf fast sterilem Sande. Wie die Lupine versteht sie aus den tiefen Bodenschichten ihren Wasser- und Nährstoffbedarf zu decken; aber sie verlangt eine gute Durchlüftung.

Allerdings wird dieser natürliche Vorteil einer sofort in grofse Tiefe gehenden Pfahlwurzel nur verwertet, wenn die Saatmethode und nicht die Aufzucht durch Verpflanzen zur Anwendung gelangt. Bei den in forstlichen Kreisen bestehenden Meinungsverschiedenheiten über die beste Anzuchtmethode würden wir betreffs der Kiefer uns stets auf Seite derer stellen, welche die Ansaat an Ort und Stelle befürworten. Bei Fichte und Tanne halten wir das Verpflanzen aus dem Saatkamp für vorteilhafter. Allerdings gibt die Aussaatmethode allein noch keine Garantie für gesunde Entwicklung, sondern, wie wir glauben, werden Boden und Lage oft ausschlaggebend sein. Das jetzige Bestreben, überall Kiefern zu pflanzen, weil diese die schnellste und darum beste Bodenrente geben, vermögen wir nicht gutzuheifsen. Wir dürfen nur in unsern Forsten die Bestände tiefgelegener oder mooriger Stellen mit denen freiliegender trockner Gegenden vergleichen, um zu sehen, wie an erstgenannten Lokalitäten ein dürftiger Wuchs mit häufig vorzeitigem Nadelabwurf sich einstellt und wie auf hügeligem Sandboden mit tiefstehendem Grundwasser die Bäume in ihrer vollen Kräftigkeit sich entfalten, ja, selbst bei Wurzelentblöfsung bis zur Stelzigkeit sich gut erhalten.

Ein Vorkommen von Stelzenwurzeln im Sumpfwald, in welchem *Alnus glutinosa* vorherrscht und vereinzelt *Quercus pedunculata, Rhamnus Frangula* und *Salix cinerea* auftreten, erwähnt Rechinger[1]).

Es ist übrigens noch eine dritte Ursache des Stelzenwuchses zu erwähnen, die sich dadurch unterscheidet, dafs die Bäume positiv emporgehoben werden, während bei den beiden bisher besprochenen Fällen die Stammbasis an ihrer Aussaatstelle verbleibt. Derartige Vorkommnisse werden von White[2]) besprochen. Auf felsigem Boden, glaubt er, wo die Wurzeln gezwungen sind, flach zu streichen, können die besonders scharf zur Geltung gelangenden Frost- und Trockenperioden allmählich ein Emporheben der Bäume einleiten.

b) Zu tiefe Lage.

Zu tiefes Pflanzen der Bäume.

Fast alle unsere Bäume stehen in ihrem späteren Lebensalter nicht an der Stelle, an welcher sie ihre ersten jugendlichen Entwicklungs-

---

[1]) Rechinger, Bot. Beobacht. in Schur. cit. Bot. Jahresber. 1902, I, S. 337.

[2]) White, Theodore, Mechanical elevation of the roots of trees. The Asa Gray. Bull. Cit. Bot. Jahresb. 1897, I, S. 85.

stadien durchgemacht haben. Bei der Obstkultur ist ein nochmaliges Verpflanzen der jugendlichen Stämme sogar Vorschrift, um eine reiche Verzweigung des Wurzelkörpers zu erhalten, und diese Vorschrift sagt auch, dafs man sich hüten solle, die Bäume wesentlich tiefer zu pflanzen, als sie bisher gestanden haben. Die Erfahrung lehrt nun auch, dafs in der Tat Bäume durch Nichtbeachtung dieser Warnung zugrunde gehen können. Viele Praktiker empfehlen sogar, einen jeden Baum an seinem neuen Pflanzorte genau auch wieder nach den Himmelsgegenden so zu orientieren, wie er vorher gestanden, indem sie meinen, dafs mannigfache Rindenbeschädigungen durch Hitze und Frost dadurch vermieden werden können.

Die Frage, ob die Bäume ihre Zweige, die nach verschiedenen Himmelsgegenden gerichtet sind, auch verschieden ausbilden, hat Otto [1]) an Apfel-, Birn- und Kirschbäumen zu lösen versucht. Er fand bei der chemischen Analyse wesentliche Differenzen in der Zusammensetzung der verschieden orientierten einjährigen Zweige. Der Wasser- und Stickstoffgehalt ist am niedrigsten, der Trockensubstanzgehalt am höchsten auf der Ostseite; am höchsten ist der Wasser- und Stickstoffgehalt auf der Nordseite, was andeuten würde, dafs dort die Zweige nicht so ausgereift wären wie auf den anderen Baumseiten.

Kövessi [2]) sieht in dem gröfseren Wasserreichtum und der geringeren Holzreife der Zweige die Ursache für einen verminderten Blütenansatz. Überhaupt erweist sich die Anzahl der Blüten und Früchte von der Wasserzufuhr zum Baume im vorhergegangenen Jahre abhängig. Der Baum trägt reichlicher, wenn die Wasserzufuhr gering war. Anatomisch lassen sich die Unterschiede in der Ausbildung der Zweige je nach den Himmelsgegenden kaum feststellen, da der Bau desselben Jahresringes innerhalb der verschiedenen Internodien eines Zweiges zu sehr schwankt [3]).

Auch über die bei einem Tieferpflanzen der Bäume sich einstellenden anatomischen Veränderungen, die sich im Stamm vorfinden, wissen wir wenig Positives; mindestens nichts allgemein Gültiges. In einigen Fällen ist Ausfüllung der Gefäfse durch braune, gummiartig erstarrte Massen, in anderen durch Thyllenbildung unter Braunfärbung der Wandungen beobachtet worden; auch gummose Quellungen der Membranen sind nicht selten. Aber es sind dies sämtlich nur gelegentliche Beobachtungen, und ein experimentelles Studium der Frage fehlt noch.

Wir beschränken uns deshalb auf die Wiedergabe der Erfahrungen, die über den Einflufs der beiden hauptsächlich bei zu tief gepflanzten Bäumen auftretenden Faktoren, dem Sauerstoffmangel und dem Kohlensäureüberschufs, vorliegen. Wir wissen, dafs die Pflanzen ohne Sauerstoffzufuhr allmählich absterben. Wenn die lebendige Zelle keinen Sauerstoff aufnehmen kann, ändert sie die Richtung ihrer bisherigen Lebensfunktionen; später geht sie in einen Starrezustand über, indem die Bewegungserscheinungen des Plasmas aufhören, die Empfindlichkeit für Reize verloren geht und das Wachstum sistiert wird. Die Pflanze stirbt aber nicht gleich; sie atmet noch lange Zeit Kohlensäure weiter

---

[1]) Otto, Arbeiten der Chemischen Versuchsstation zu Proskau. Cit. Bot. Centralblatt 1900, Bd. 82, Nr. 10/11.

[2]) Kövessi, F., Über die Beziehung des Wassers zur Reife der Holzpflanzen. Biedermann's Centralbl. 1902, S. 161.

[3]) Sorauer, Beitrag zur Kenntnis der Zweige unserer Obstbäume. Forsch. a. d. Gebiete d. Agrikulturphysik, Bd. III, Heft 2.

aus und kann selbst nach längerem Scheintode durch erneute Sauerstoffzufuhr wieder ihre gewohnten Funktionen aufnehmen. Dieses Fortleben ohne Sauerstoffzufuhr (anaërobe), wobei also der für die Lebensprozesse notwendige Sauerstoff von der Substanz der Pflanze selbst geliefert werden mufs, ist als intramolekulare Atmung bezeichnet worden.

Betreffs der veränderten Stoffbildung im Pflanzenleibe ist von Lechartier und Bellamy[1]) durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen worden, dafs nicht nur in unserm Kernobst und anderen Früchten, sondern auch in Blättern und Wurzeln Alkohol in der ohne Sauerstoffzufuhr vegetierenden Parenchymzelle sich bildet. Stocklasa hat in neuester Zeit auch Milchsäure nachgewiesen. Selbst bei Pilzen (*Agaricus campestris*) fand Müntz[2]) eine beträchtliche Menge von Alkohol und Wasserstoff bei längerem Aufenthalt in sauerstofffreier Luft. Das Material zu diesem Alkohol kann nur die Zuckerart, die allein hier vorhanden, nämlich der Mannit, gegeben haben, während bei anderen Pilzen, die in einer Atmosphäre von Kohlensäure nur Alkohol (ohne Wasserstoff) produzieren, die Trehalose in Gärung übergegangen sein mufs. War der Aufenthalt in der sauerstofffreien Atmosphäre kein zu langdauernder, so kann der Pilz wieder seine normalen Lebensfunktionen ausüben, was neuerdings Krasnosselsky[3]) für *Mucor spinosus* und *Aspergillus niger* nachgewiesen hat. Schon früher hatte Adolf Mayer[4]) für die durch Hefe erzeugte Gärung die Ansicht ausgesprochen, dafs dieser Vorgang eine Atmung bei Sauerstoffabschlufs sei. Pasteur[5]) und Böhm[6]) hatten eigentlich schon nachgewiesen, dafs sich in ganz gleicher Weise auch alle höher organisierten Land- und Wasserpflanzen verhalten, indem sie in sauerstofffreien Medien einen Teil ihrer Substanz durch eine Gärung zu Kohlensäure und Alkohol, wie die Hefe bei der Selbstgärung, verbrennen. Grüne Pflanzenteile allerdings können sich bei hinreichend intensiver Beleuchtung durch Zerlegung der unmittelbar vorher abgespaltenen Kohlensäure wieder eine für die normale Atmung geeignete Atmosphäre herstellen. Aërobe und anaërobe Atmung hängen zusammen; und der anaërobe Stoffwechsel vermag, wenn er auch das Gedeihen nicht ermöglicht, doch einige Zeit hindurch das Zugrundegehen aufzuhalten, und diese Verzögerung wird um so gröfser sein, je niedriger die Temperatur ist. So citiert beispielsweise Pfeffer[7]) die Beobachtungen von Chudiakow, dafs das Erlöschen der Kohlensäureproduktion, also der Lebensfähigkeit, bei Keimlingen von Mais bei 40° C. nach 12 Stunden, bei 18° C. nach 24 Stunden und bei tiefer Temperatur erst nach einigen Tagen sich einstellte. Wenn ein Organismus oder ein Glied sich überhaupt in geringer Lebenstätigkeit befindet, wird es auch eine längere Lebensdauer im sauerstofffreien Raume

---

[1]) De la fermentation des pommes et des poires. Compt. rend. t. LXXIX, p. 949. — De la fermentation des fruits ib. p. 1006.

[2]) Comptes rend. LXXX I, p. 178.

[3]) Krasnosselsky, Atmung und Gärung der Schimmelpilze usw. Centralbl. f. Bakteriologie usw., 1904, Bd. XIII, Nr. 22/23.

[4]) A. Mayer, Untersuchungen über die alkoholische Gärung. Landwirtsch. Versuchsstationen, 1871.

[5]) Faits nouveaux pour servir à la conaissance de la théorie des fermentations proprement dites. Compt. rend. 1872, S. 784.

[6]) Böhm, Über die Respiration von Landpflanzen. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. 67, I. Abt.

[7]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 1897, Bd. I, S. 544.

bewahren. So haben sich in solchem Äpfel und Birnen bei mäfsiger Temperatur monatelang erhalten lassen, während schnelllebige Schimmelpilze und aërobe Bakterien bald zugrunde gingen. Bei Keimlingen phanerogamer Pflanzen (*Vicia Faba*, *Ricinus* usw.) zeigt sich eine Steigerung des intramolekularen Stoffumsatzes.

Nach Stich's Untersuchungen[1]) lassen bisweilen einzelne Pflanzen oder Pflanzenteile zunächst gar keinen Einflufs des Sauerstoffgehaltes der Luft auf die Atmung erkennen, da sie in einer Wasserstoffatmosphäre gerade so viel Kohlensäure bilden wie in atmosphärischer Luft. Bei 8 % Sauerstoff in der Luft war der Atmungsquotient noch normal; bei geringerem Gehalt (2 bis 4 %) wurde er zugunsten der Kohlensäure geändert, indem intramolekulare Atmung eintrat. Bei längerem Aufenthalt der Pflanzen in sauerstoffarmer Atmosphäre stellt sich allmählich der normale Atmungsquotient wieder her unter Verminderung der absoluten O- und CO^2-Mengen. Bei allmählicher Entziehung des Sauerstoffs wird die intramolekulare Atmung erst bei beträchtlich niedrigerem Sauerstoffprozentsatz angeregt als bei plötzlicher Verkleinerung desselben.

Brefeld's[2]) Experimente führen zu dem Schlusse, dafs die Alkoholgärung bei allen Pflanzen, von den niedrigsten bis zu den höchsten, stattfinden kann, sobald Sauerstoffabschlufs eintritt. Es zeigt sich aber eine sehr wesentliche Differenz bei den einzelnen Alkohol produzierenden Organismen. Während bei der Hefe (*Saccharomyces*) die Gärungserscheinung als Höhepunkt der normalen Leistung des Organismus (der bei dem Vorgange der Zuckerzersetzung wirklich wächst) anzusehen ist, erscheint er bei den Zellen phanerogamer Pflanzen als abnormer, frühzeitig mit dem Tode der Zelle endigender Prozefs. Derselbe unterscheidet sich von der reinen, nur Alkohol und Kohlensäure produzierenden Gärung der Hefe wesentlich durch Auftreten weiterer Zersetzungsprodukte, unter denen Fuselöle und Säuren besonders auffällig sind. Unter den eine wirkliche Alkoholgärung noch einleitenden Pilzen ist aber auch schon ein grofser Unterschied betreffs ihrer Fähigkeit, Alkohol zu vertragen. Für *Saccharomyces* ist erst bei 12 Gewichtsprozenten die Wachstums-, bei 14 die Gärungsgrenze. Bei *Mucor racemosus*, der auch ohne freien Sauerstoff vom Zucker lebt, findet sich schon bei 4½ und 5½ % Alkohol Wachstums- und Gärungsgrenze; *Mucor stolonifer* dagegen wächst gar nicht mehr und wirkt schon bei 1,5 % Alkohol nicht mehr gärungserregend. Es ist aus diesen Resultaten zu schliefsen, dafs auch die phanerogamen Gewächse in sehr verschiedenem Grade unter denselben äufseren Verhältnissen zur Alkoholbildung gelangen und dieselben in verschiedenem Mafse ertragen.

Später spricht Müntz[3]) ganz allgemein den Alkohol als eines der Zersetzungsprodukte der organischen Substanzen an, der sich sowohl auf der Oberfläche der Erde als im Boden wie in der Meerestiefe bildet und sich nach den Gesetzen der Dampfspannung in der Atmosphäre verbreitet.

---

[1]) Stich, C., Die Atmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. Flora 1891, S. 1.

[2]) Über Gärung III, Vorkommen und Verbreitung der Alkoholgärung im Pflanzenreiche. Bot. Zeit. 1876, S. 381.

[3]) Aus Compt. rend. t. LXXXXII, p. 499. cit. in Biedermann's Centralbl. 1881, S. 709.

Dafs bei Alkoholgärung auch organische Säuren und darunter Essigsäure auftreten, kann nicht auffallend erscheinen. Es ist nun sehr wahrscheinlich, dafs eine Anhäufung derartiger Säuren endlich als Gift auf den Organismus wirken mufs, und dafs bei Wurzeln, welche vom atmosphärischen Sauerstoff ganz oder nahezu gänzlich abgeschlossen sind, ein allmähliches Absterben sich einstellen wird.

Bei den zu tief gepflanzten Bäumen wird der Sauerstoffmangel für die Wurzeln, bei denen ein sehr starkes, vielleicht das der oberirdischen Pflanzenteile noch übersteigendes Atmungsbedürfnis nachgewiesen werden konnte [1]), um so eher sich geltend machen, je gröfser die wasserhaltende Kraft des Bodens ist, und je mehr die Bodenräume durch Wasser abgeschlossen sind. Dieses Wasser in der Umgebung der lebenden Wurzeln wird nun selbst immer gefährlicher für die stärkeren noch gesunden Wurzeln und für die eingesenkte Stammbasis, indem es sich immer mehr mit Kohlensäure beladet. Wenn man gesunde Pflanzen in kohlensäurereiches Wasser setzt, fangen sie an zu welken und ein Absterben der Blätter zu zeigen [2]). Von besonderem Interesse sind die Studien von Kosaroff [3]) über die Wasseraufnahme in nicht genügend durchlüfteten, also sauerstoffarmen und kohlensäurereichen Böden. Durch die Kohlensäure erwiesen sich die Wasseraufnahme und die Transpiration herabgedrückt. Pflanzen, deren Wurzeln in einer kohlensäurereichen Atmosphäre verweilten, verloren alsbald ihren Turgor und wurden schlaff; bei längerem Aufenthalt gingen sie zugrunde. Bei Versuchen in einer Wasserstoffatmosphäre, wo also nur der Sauerstoffmangel deprimierend wird, zeigte sich, dafs dieser Umstand bei weitem nicht so schädigend wirkt wie der Kohlensäureüberschufs.

Es wird also bei den zu tief liegenden Baumwurzeln ein Vergiftungstod sich einstellen, der erst die zarten Organe, später die älteren Wurzelverzweigungen erfafst, und gleichzeitig werden die jauchigen Zersetzungsprodukte auch den ganzen Erdboden zum Pflanzenwachstum untauglich machen. Böhm [4]) führt ein Beispiel in den absterbenden, zu tief gepflanzten *Ailanthus* der Ringstrafse in Wien an. Diese Bäume hatten schon seit Jahren im Wachstum nachgelassen; denn die Jahresringe, welche in den ersten Jahren nach der Pflanzung noch oft mehr als 3 cm Breite aufwiesen, waren in den letzten Jahren vor dem Tode auf 0,5 cm zurückgegangen. Zur Zeit des Absterbens erwies sich die Erde der Wurzelballen so schädlich, dafs Samen verschiedener Pflanzen, welche teils offen, teils unter tubulierten Glasglocken in solche verseuchte Erde eingelegt wurden, alsbald in Fäulnis übergingen. Die Samen entwickelten sich aber üppig, nachdem diese Erde, wiederholt mit Wasser befeuchtet, in dünnen Schichten während acht warmer Julitage dem Einflufs der Atmosphäre ausgesetzt worden war. Ähnliche Versuche unternahmen Mangin [5]), der schon früher das

---

[1]) Mayer, Agrikulturchemie, 5. Aufl., 1901, Bd. I, S. 116.

[2]) Wolf, W., Tageblatt der Naturforscher-Versammlung zu Leipzig, 1872, S. 209.

[3]) Kosaroff, Einfluss verschiedener äusserer Faktoren auf die Wasseraufnahme der Pflanzen. Dissert. Leipzig 1897, cit. Naturw. Rundschau, 1897, Nr. 47.

[4]) Böhm, J., Über die Ursache des Absterbens der Götterbäume und über die Methode der Neubepflanzung der Ringstrasse in Wien. Faesy & Frick.

[5]) Mangin, L., Sur la végétation dans une Atmosphère viciée par la respiration. C. rend. 1896, S. 747.

kränkliche Aussehen der Alleebäume in Paris der schlechten Beschaffenheit des Bodens zugeschrieben hatte. In solchem aus der Umgebung der kranken Wurzeln entnommenen Boden ausgesäte Samen und Knollen zeigten eine gestörte Entwicklung.

Die Luftproben aus der Nähe der kränkelnden Wurzeln (*Ailanthus*) ergaben Sauerstoffmangel und Überwiegen der Kohlensäure, und MANGIN[1]) vermutet, daſs der Sauerstoffmangel auf Reduktion durch Sulfüre zurückzuführen sei. Sicherlich werden bei dem Verjauchungsvorgang der Wurzeln zahlreiche Mikroorganismen mitwirken. Indes würde ein solches Eingreifen der entsprechenden Bakterien eben nicht stattfinden, wenn nicht Sauerstoffmangel im Boden sich eingestellt hätte.

Betrachten wir jetzt die innerhalb des Erdbodens befindliche Stammbasis, an welcher bei zu tief gepflanzten Bäumen mit schwammiger Rinde, wie bei dem obenerwähnten Ailanthus in Wien, diese gänzlich vermorscht. Je nach dem Alter und dem Rindenbau des Baumes sowie nach der physikalischen Bodenbeschaffenheit wird früher oder später in dem verschütteten Stammstück eine Störung der absolut nötigen Luftzirkulation eintreten. Diese Störung wird sich auch in den beiden Durchlüftungssystemen des Stammes, nämlich in dem Gefäſssystem des Holzkörpers und dem durch keine gröſseren Hohlräume mit demselben kommunizierenden Rindensystem, geltend machen. Das von mehr oder weniger stark entwickeltem Korkkörper geschützte grüne Rindenparenchym wird von der atmosphärischen Luft umspült; dieselbe dringt durch die Lenticellen in die Intercellularräume und zirkuliert in denselben. Die Luft in den Gefäſsen des Holzkörpers, die wohl zum Teil durch das Wasser aus den Wurzeln, zum groſsen Teil durch Diffusion von den Seiten her in die Gefäſse gelangt, zirkuliert auch, wie früher bereits erwähnt, ja, es findet wahrscheinlich, wie aus den Untersuchungen von O. HÖHNEL[2]) hervorgeht, eine tägliche Periodicität bei dieser Durchlüftung statt. Die ursprünglich wassererfüllten Gefäſse leeren sich im Laufe des Tages teilweise oder gänzlich, da die überstehenden und umgebenden Gewebe das Wasser entziehen. Der verdunstende Blattkörper des Baumes bedarf sehr groſser Wassermengen und saugt dieselben aus dem Holzkörper der Äste, die ihren Verlust aus dem Stamme decken, in welchem also eine Saugwelle bis nach der Basis hin und von da bis in die Wurzeln fortschreitet. Da mehr Wasser den Gefäſsen entzogen wird, als augenblicklich nachflieſsen kann, so entsteht ein luftverdünnter Raum in denselben, der einen um so gröſseren negativen Druck (Saugkraft) besitzt, je weniger Luft anfangs vorhanden oder langsam durch die Membranen diffundiert; denn um so mehr muſs sich das ursprünglich kleine Luftvolumen zur Ausfüllung des immer gröſser werdenden Hohlraumes ausdehnen. In der Nacht, in welcher die Verdunstung gehemmt oder doch sehr herabgedrückt ist, saugen die Gefäſse des Stammes wieder groſse Wassermengen auf, ja, es wird häufig dieses Saugbestreben noch durch einen von dem Wurzelkörper ausgehenden Druck verstärkt, der so viel Wasser in die Gefäſse pressen kann, daſs ein Teil durch die Wandungen in die umgebenden Zellen und Zwischenzellräume gelangen könnte. Ist

---

[1]) MANGIN, L., Sur l'aëration du sol dans les promenades et plantations de Paris. C. rend. 1895, II, S. 1065.

[2]) v. HÖHNEL, Beiträge zur Luft- und Saftbewegung in der Pflanze. Pringsh. Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. XII, Heft 1, S. 120.

die aus dem Wurzelkörper heraufgesogene und -geprefste Flüssigkeit gesund, dann wird selbst eine gröfsere Infiltration der Intercellularräume ohne Nachteil für den Pflanzenkörper vorübergehen, wie MOLL[1]) gezeigt hat. Wenn aber die Wassermasse bereits mit Gärungsprodukten aus den verjauchenden Wurzelspitzen beladen ist, dann sehen wir durch diesen Vorgang Giftstoffe in den besonders empfindlichen Splint und Rindenkörper getrieben, und nun breitet sich auch hier leicht das Absterben aus.

Die zu tief gepflanzten Bäume sterben aber meist nur in schwerem, mit Wasser dauernd überladenem Boden; in leichten Bodenarten kümmern sie wohl, bleiben aber am Leben. Wenn der schwere Boden mit seiner Wasserfüllung die Stammbasis umgibt und die durch die Lenticellen stattfindende Intercellulardurchlüftung verhindert, müssen aber auch selbständig Alkoholgärung und Essigsäurebildung in den Rindenzellen auftreten und zu einem Absterben führen, das sich radial auf die Kambiumzone und den jungen, bei der Wasserleitung besonders tätigen Splintkörper fortsetzt.

Es bleibt dann von Jahr zu Jahr ein immer kleiner werdender Cylinder aus Kernholz in der Mitte des Stammes übrig, der das Wasserbedürfnis des oberirdischen Teiles decken soll. Das wasserärmere Kernholz aber wird auch weniger zur Wasserleitung tauglich sein, und die toten Gewebe des Holzkörpers, die allerdings auch noch Wasser mechanisch leiten, werden durch ihre Hilfe nicht hinreichen, das Wasserbedürfnis der Krone zu decken. Infolgedessen welkt endlich der Baum oder treibt im Frühjahr seine Knospen nicht mehr aus.

Der Umstand, dafs die nicht parasitären Fäulnisprozesse im verschütteten Stammende in der Nähe der Bodenoberfläche aufhören, führt zu der Vermutung, dafs die Zersetzungsprodukte nicht die gesunde Pflanzenzelle, sondern erst eine abnorm funktionierende, geschwächte anzugreifen vermögen. Eine solche Schwächung ist auch tatsächlich da. Es ist anfangs erwähnt worden, dafs die vom Sauerstoff der Luft abgeschlossene, lebenskräftige, stoffreiche Zelle alsbald anfängt, durch die Wirksamkeit von Fermenten (Alkoholase) Alkohol zu entwickeln, der vorher nicht da war und auch wieder verschwindet, wenn man atmosphärische Luft der Pflanze neu hinzuführt. Es ist ferner nachgewiesen worden, dafs die Pflanze bei Sauerstoffabschlufs lange Zeit weiter Kohlensäure in beträchtlichen Mengen ausscheidet (intramolekular atmet), aber dafs diese Kohlensäuremengen bei längerer Versuchsdauer sich doch als kleiner herausstellen wie diejenigen der in sauerstoffhaltiger Luft atmenden Pflanzen[2]). Da die Kohlehydrate (Stärke, Zucker) das Material zur Atmung abgeben, so ist aus den obigen Tatsachen zu entnehmen, dafs diese Inhaltsstoffe der Zellen in abnormer Weise bei

[1]) Untersuchungen über Tropfenausscheidung und Infektion, 1880, S. 78. Sep. aus Verslag en Mededeèling d. Koninkligke Akad. Amsterdama, cit bei PFEFFER, Pflanzenphysiologie, 1881, I, S. 159.

[2]) WORTMANN (Über die Beziehungen der intramolekularen zur normalen Atmung der Pflanzen. Inauguraldissertation. Würzburg 1879) gibt zwar an, dafs die Kohlensäuremengen bei der intramolekularen und normalen Atmung gleich grofs sind; es will mir aber scheinen, dafs die kurze Dauer seiner Versuche ihn noch hat Nachwirkungen der bisherigen normalen Funktionen mit beobachten lassen. Er gibt auch selbst zu (S. 31), dafs bei langer Zeitdauer von den angewendeten Versuchsobjekten ohne Zutritt von Sauerstoff eine geringere Quantität an Kohlensäure produziert worden ist, als dieses bei fortdauernder Gegenwart von Sauerstoff der Fall gewesen wäre.

Sauerstoffabschlufs verarbeitet werden. Man kann mit PFEFFER[1]) die Atmung als einen aus zwei ineinandergreifenden Vorgängen sich herstellenden Prozefs auffassen. Der erste Vorgang ist die in Gärungserscheinungen sich kundgebende, intramolekulare Atmung, die BORODIN[2]) auch innere Verbrennung nennt: der zweite, nur unter Sauerstoffzufuhr von aufsen mögliche Vorgang ist die sofortige weitere Verbrennung der Gärungsprodukte im Augenblick ihrer Entstehung. Wenn dieser letztere, für das Zellleben unbedingt notwendige Akt unterbleibt, dann verliert nicht nur die sauerstofflose Stammzone des zu tief gepflanzten Baumes ihr Atmungsmaterial, wird also an Reservestoffen immer ärmer, sondern sie bildet nun auch diejenigen Produkte, die zur Fäulnis und zum Tode der Zelle führen. Die ungenügende Atmung also ist die notwendige Vorbedingung für das Absterben, und in dem Mafse, als der verschüttete Teil, sich der Bodenoberfläche nähernd, allmählich immer mehr und mehr Sauerstoff bekommt, wird auch der Gärungsprozefs sich abschwächen und in den normalen Verbrennungsprozefs übergehen, somit auch die Fäulnis allmählich ihre Grenze finden. Es handelt sich dann nur noch darum, dafs der Baum die Möglichkeit hat, oberhalb dieser Grenze im Erdboden neue Wurzeln zu bilden, um den durch die Transpiration des Laubkörpers entstehenden Wasserverlust zu decken. Die kümmerliche Produktion, welche man in dem ersten Jahre häufig wahrnimmt, verschwindet, je mehr plastisches Material abwärts wandern und zu Neubildungen am Holzringe des Stammes und Wurzelkörpers verwendet werden kann. Je schneller das Wachstum, desto gröfser die Energie der Atmung, wie schon SAUSSURE gezeigt, und je mehr der flach streichende, neue Wurzelkörper selbst auch vom Lichte berührt wird, desto mehr steigern sich seine Kohlehydrate und damit seine Sauerstoffabsorption und Kohlensäureabgabe[3]).

Das Verhalten der Bäume, die zu tief gepflanzt oder gar teilweise verschüttet worden sind, hängst selbstverständlich von ihrem specifischen Charakter ab. Bei Weiden und Pappeln z. B. findet man zwar den in der Erde eingesenkten Teil abgestorben: aber in der Nähe der Bodenoberfläche erscheint die Fäulnis sistiert. Aus dem Stamme haben sich zahlreiche Adventivwurzeln gebildet, und diese rufen einige Zeit nach der Verschüttung wieder eine gesunde Entfaltung der Baumkrone hervor. Der Baum wird also gerettet, wenn er imstande ist, schnell neue Wurzeln in der Nähe der Erdoberfläche zu erzeugen.

Bekannt als ganz besonders empfindlich gegen das zu tiefe Pflanzen sind die Ericaceen und Epacrideen, bei denen es vorkommt, dafs die Stammbasis abstirbt, ohne dafs der Wurzelkörper sehr gelitten. Wenn die Stämmchen Moos und Flechtenvegetation an der Basis zeigen, so hat man bereits allen Grund, vorsichtig zu sein.

Bei der Baumzucht läfst sich nicht eine allgemein gültige Regel betreffs der Pflanzhöhe geben. Abgesehen von der Bodenart, deren physikalische Beschaffenheit hier ausschlaggebend ist, kommt es bei veredelten Bäumen auf die Unterlage an. Die auf Wildling veredelten Obstsorten pflanze man derart, dafs ihr Wurzelhals in der Ebene der Bodenoberfläche bleibt oder selbst etwas darüber hinausragt (bei Moor-

[1]) PFEFFER, Über das Wesen und die Bedeutung der Atmung. Landwirtsch. Jahrb. 1878.

[2]) BORODIN, Sur la respiration des plantes pendant leur germination.

[3]) BORODIN, Mémoires de l'Acad. impériale des sciences de St. Petersbourg VII série. 1881.

boden mit grofser Nässe verwendet man sogar Hügelpflanzung). Die auf Zwergunterlage veredelten Birnen (auf Quitte) und Äpfel (auf Doucin und Paradiesapfel) dagegen müssen mindestens so tief in den Boden, dafs die Veredlungsstelle im gleichen Niveau mit der Bodenoberfläche sich befindet, also die ganze Unterlage im Boden verbleibt. Es entwickeln sich aus dieser eine gröfsere Menge Adventivwurzeln, die der Ernährung sehr förderlich sind.

Eine schöne Zusammenstellung praktischer Erfahrungen hat BOUCHÉ[1]) gegeben. Er weist zunächst darauf hin, dafs man an alten, gesunden Bäumen die starken Wurzeln über den Boden hervortreten sehe; dieses Heraustreten des Wurzelhalses sei der normale Fall. Manche Bäume vertragen in der Jugend ein tiefes Pflanzen, da sie aus der Stammbasis dicht unter der Oberfläche neue Wurzeln treiben (Rüstern und Linden); andere dagegen sind sehr empfindlich, wie z. B. Birken, Ahorn, Eichen, die meisten Rosaceen, Platanen, Walnüsse, Rot- und Weifsbuchen. Auch die meisten Nadelhölzer erfordern Aufmerksamkeit bei der Pflanzung, wie z. B. die Gattungen *Pinus*, *Picea* und *Abies* und teilweise auch *Thuja*, nämlich *Thuja* (*Biota*) *orientalis* und die damit verwandten Arten, während ein tiefes Pflanzen der *Thuja occidentalis*, *Warreana* und *plicata* zuträglich sich erweist. Selbst 5 bis 8 cm starke Stämme sah BOUCHÉ eine Menge neuer Wurzeln aus der verschütteten Stammbasis treiben und sich dadurch sehr kräftigen. *Iuniperus communis* will flach stehen; dagegen vertragen *I. Sabina* und Verwandte eine tiefe Pflanzung mit Vorteil. Von Pappeln und Weiden ist bereits erwähnt, dafs eine tiefe Pflanzung durch eine neue Wurzelbildung an der Erdoberfläche sofort ihr Gegengewicht erhält; bei schwachen Stämmen findet man oft, dafs die dicht unter der Oberfläche gebildeten Wurzeln die Oberhand über die älteren, tieferen gewinnen. Für viele Sträucher ist es tatsächlich oft vorteilhafter, sie tiefer zu pflanzen, als sie früher standen, weil sie durch zahlreiche neue Wurzeln aus den verschütteten Stengelbasen sich um so mehr kräftigen. Dies bemerkt man beispielsweise bei *Calycanthus*, *Cornus alba* und *sibirica*, *Ribes*, manchen Arten von *Spiraea*, *Viburnum Opulus*, *Aesculus macrostachya*, *Symphoria*, *Ligustrum*, *Rosa gallica* u. a. Flach dagegen sind zu pflanzen *Caragana*, *Berberis*, *Colutea*, *Cornus mascula* und *sanguinea*, *Corylus*, *Cytisus*, *Rhamnus*, *Sambucus*.

Bei Strafsenpflanzungen kann aufser den plötzlich notwendig werdenden Aufschüttungen auch das Asphaltieren und Zementieren der Strafsendämme für die Wurzeln der Bäume sehr gefährlich werden. Es ist nicht blofs das Absperren der atmosphärischen Luft, sondern auch der Verlust der atmosphärischen Niederschläge, auf welche die Bäume in grofsen Städten um so mehr angewiesen werden, je tiefer durch Kanalisation und dergl. unterirdische Bauanlagen der Grundwasserspiegel gesenkt wird.

Junge Bäume, welche nach der Senkung des Grundwasserspiegels gepflanzt werden, suchen trotz der vermehrten Tiefe der Wasserquelle diese dennoch zu erreichen. Um dies zu erleichtern, müssen in solchen Örtlichkeiten die Baumpflanzlöcher wesentlich tiefer gemacht werden. In Berlin beträgt diese Vertiefung nach BOUCHÉ 60 cm, so dafs jetzt die Baumlöcher 1,5 m tief gegraben werden.

---

[1]) BOUCHÉ, C., Über das Tiefpflanzen von Bäumen usw. Monatsschr. d. Ver. z. Förd. d. Gartenb., v. Wittmack, 1880, S. 212, und Wredow a. a. O., S. 75.

Zu tiefe Lage der Saat.

Die Erfahrung wird auch jetzt noch vielfach gemacht, dafs bei reicher Aussaat keimfähiger Samen eine verhältnismäfsig geringe Menge von Pflanzen erzogen wird. Häufiger, als man in der Regel glaubt, liegt die Ursache in einem zu tiefen Unterbringen der Samen. Bei dem Eineggen oder dem stellenweise bei Gerste üblichen Unterhacken[1]) ist es gar nicht zu vermeiden, dafs einzelne Samenkörner sehr tief, andere sehr flach zu liegen kommen. Gleichmäfsigkeit kann nur durch Bestellung mit der Drillmaschine erzielt werden. Aber auch der Gärtner, der bei Topfaussaaten eine sehr gleichmäfsige Bedeckung der Samen herstellen kann, erhält bei sehr feinen Sämereien nicht selten nur einen geringen Prozentsatz an Pflanzen, selbst wenn der Same gut und keimfähig war.

Die Vorgänge, welche die Verluste hervorrufen, sind aber nicht immer dieselben und finden auch nicht immer unter denselben Bedingungen statt; deshalb ist es auch nicht möglich, allgemeine Regeln zu geben. Es bleibt nichts übrig, um sich vor Nachteilen in dieser Beziehung zu schützen, als sich den Einflufs der einzelnen Faktoren, welche bei der Aussaat zu beachten sind, klarzumachen und zu sehen, welche Kombinationen in jedem einzelnen Fall vorhanden sind.

Die Keimung läfst eigentlich drei Phasen erkennen. Jede derselben kann Störungen erleiden und Ursache für das Fehlschlagen der Pflanzen werden. Das erste Stadium umfafst die Quellung und kann als ein mechanischer Vorgang aufgefafst werden, bei welchem (wahrscheinlich durch Wasserverdichtung) eine Temperatursteigerung beobachtet worden ist. Er leitet das zweite Stadium, die Mobilisierung der Reservestoffe, eine Kette chemischer Erscheinungen, ein, und diese begleiten den dritten Akt, den der gestaltlichen Entwicklung.

Störungen im Stadium der Quellung sind mehrfach beobachtet worden. Nobbe und Haenlein[2]) fanden ganz besonders bei Papilionaceen und Caesalpiniaceen die Samenschale bisweilen so undurchdringbar für tropfbar flüssiges Wasser, dafs die Samen jahrelang den Embryo ohne Regung, aber immer noch gesund behielten. Der Same keimte nicht, weil er nicht aufzuquellen vermochte. Bei den Kleesamen erweist sich die oberflächlich gelegene Stäbchen- oder Hartschicht, in deren Zellen der Farbstoff sitzt, so impermeabel für Wasser, dafs Kleesamen 8 bis 14 Tage lang in englischer Schwefelsäure und jahrelang in Wasser liegen können, ohne auch nur ihren an und für sich im Wasser löslichen Farbstoff aus den Stäbchenzellen zu verlieren. In solchen Fällen hilft nur mechanische Behandlung. Galter und Klose[3]) vermischten die Samen von Luzerne und Kleearten mit feinem Sande und rieben ein solche Mischung enthaltendes Säckchen 10 Minuten lang unter den Füfsen. Ohne dafs die Samen sich wesentlich beschädigt zeigten, erwies sich nach dieser Behandlung die Luzerne um 13,4 %,

[1]) Eggers-Gorow, Versuche über den Nutzen oder Nachteil einer flachen oder tiefen Bestellung der Gerstenkörner. Mecklenb. landw. Ann., 1874, Nr. 23.

[2]) Nobbe und Haenlein, Über die Resistenz von Samen gegen die äufseren Faktoren der Keimung. Versuchsstationen 1877, S. 71.

[3]) Galter und Klose, Quellungsunfähigkeit von Kleesamen. Wiener landw. Zeitschr., 1877, Nr. 17, cit. Jahresb. f. Agrikulturchemie, XX. Jahrg., 1877, S. 181.

Weifsklee um 10,2 %, Hornklee um 37,8 % quellungsfähiger. NOBBE[1]) führt Beispiele von einer unerwartet langen Erhaltung der Keimkraft an. Kiefernsaatgut von *Pinus silvestris*, aus dem Jahre 1869 stammend, lieferte nach fünfjähriger Aufbewahrung in verschlossenen Gläsern innerhalb eines bewohnten Zimmers noch 32 %, nach sieben Jahren noch 12 % keimungsfähige Samen. Rotklee (*Trifolium pratense*) zeigte bei derselben Aufbewahrung nach 12 Jahren noch 10,5 %, Erbse (*Pisum sativum*) nach 10 Jahren noch 47,7 %, *Spergula arvensis* nach 12 Jahren noch 20 %, Lein (*Linum usitatissimum*) nach 6 Jahren noch 49 %, nach 11 Jahren noch 3 % keimender Samen. Von 400 Körnern der Akazie (*Robinia Pseud-Acacia*) waren nach 10 Tagen, nach welchen die für praktische Zwecke gültige Versuchszeit aufhört, 71 Körner, bis Ende des Jahres noch 55 Körner, im folgenden Jahre noch 18, im darauffolgenden noch 7 und nach 7 Jahren noch 1 Same gekeimt, und zwar bei steter Aufbewahrung derselben in zeitweise erneuertem, destilliertem Wasser.

Nach diesen Erfahrungen wird es uns glaubhaft erscheinen, dafs manche verschüttete Samen, unbeschadet ihrer Lebenskraft, sehr grofse Zeiträume überdauern. Auch bei den vorerwähnten Akaziensamen war der nach sieben Jahren ungekeimt gebliebene Rest noch völlig gesund. Eine geringe Verletzung der Samenschale hatte nach wenigen Stunden Aufquellung und in der Regel auch baldige Keimung zur Folge.

Störungen in der zweiten Phase des Keimungsprozesses, in welcher die chemische Aktion der Überführung der starren Reservestoffe in wanderungsfähiges Bildungsmaterial erfolgt, sind am häufigsten zu beobachten. Nicht zu verwechseln mit wirklichen Störungen ist das bei vielen harten Samen vorkommende überjährige Liegen im Boden (*Crataegus*, *Rosa*, *Iuglans*, *Prunus*). Teils mag hier auch die schwere Quellbarkeit schuld haben; die Samen kommen während der trocknen Sommerzeit wieder in einen Zustand der Ruhe. Anderseits kann auch bereits Wasser eingedrungen sein und zur Bildung von Fermenten, welche die Mobilisierung des anderen Reservematerials einleiten, Veranlassung gegeben haben; aber diese Fermentwirkung selbst ist eine bis zum Eintritt der trocknen Sommerperiode zu langsame, um eine genügende Ernährung des Embryo zu ermöglichen. Bei einzelnen Individuen und Varietäten aller schwerkeimenden Arten zeigt sich eine Keimung und Entwicklung schon bei Herbstsaat im folgenden Frühjahr. Dies geschieht namentlich dann, wenn man die Samen bald nach der Ernte und womöglich mit ihrem Fruchtfleisch aussät. Noch wirksamer erweist sich das „Stratifizieren", d. h. das schichtenweise Einlegen der Samen in mit Sand gefüllte Gefäfse während des Winters.

Die wirklichen Störungen zeigen sich bei Mangel der zur Keimung notwendigen äufseren Bedingungen. Dahin gehören aufser Feuchtigkeit und Wärme der ungehinderte Zutritt von Sauerstoff und die Innehaltung der Zeit der Reaktionsfähigkeit des Samens.

Die Zeit, innerhalb welcher der Same auf die Einwirkung der äufseren Keimungsbedingungen mit der normalen Mobilisierung der Reservestoffe und der Entwicklung des Embryo antwortet, ist für die einzelnen Pflanzengeschlechter und Arten, ja, selbst für die Individuen derselben Varietät ungemein verschieden. Bekannt ist, dafs man Weiden, Pappeln und Ulmen sofort nach der Ernte aussäen mufs, da sie nach

---

[1]) DÖBNER's Botanik für Forstmänner, 4. Aufl., bearb. v. NOBBE, 1882, S. 382.

wenigen Tagen oder Wochen ihre Keimkraft schon einbüfsen, während man bei Gurken und Melonen kräftigere, fruchtbarere Pflanzen oft erhält, wenn die Samen ein Jahr geruht haben. Die Samen mancher unserer Obst- und Waldbäume keimen zwar meist noch nach einem oder mehreren Jahren, aber die Zahl der langsam wachsenden, schwächlichen Exemplare nimmt mit dem Alter des Saatgutes zu.

Als der wichtigste Faktor neben dem Wasserzutritt, der für die Quellung notwendig, ist, wie erwähnt, der Sauerstoff anzusehen. Die Samen brauchen nicht einmal so viel Wasser zur Keimung, als ihre Substanz überhaupt bis zur Sättigung imbibieren kann: die vegetative Tätigkeit des Keimlings beginnt schon vor dieser Zeit[1]). Bei anfänglichem Mangel an tropfbar flüssigem Wasser, das endosmotisch aufgenommen werden kann, nimmt der Same auch aus der Atmosphäre hygroskopisch Wasser auf[2]), verdichtet auch Wassergas auf der Oberfläche, ja, nach Art der porösen Körper kondensiert er auch Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und andere Gase. Dehérain und Landrin[3]) fanden, dafs aus der atmosphärischen Luft der gequollene Same verhältnismäfsig mehr Sauerstoff als Stickstoff aufnimmt, so dafs in einem geschlossenen Raume mehr Stickstoff zurückbleibt; vom dritten Tage ab beginnt er, Kohlensäure dafür abzugeben, und diese Produktion steigert sich, so dafs bald mehr Kohlensäure vorhanden, als der in dem eingeschlossenen Luftvolumen befindlich gewesene und allmählich ganz verschwundene Sauerstoff hätte liefern können. Die übermäfsige Kohlensäureproduktion ist also als ein Produkt der Oxydationsvorgänge der im Samen sich einleitenden inneren Verbrennung zu betrachten.

Die Verfasser stellen sich den Beginn der chemischen Aktionen im Samen in der Weise vor, dafs die schnelle, bei den verschiedensten Samen anfangs konstatierte Gasverdichtung latente Wärme des Gases notwendig frei werden läfst, und diese Wärme steigert die Temperatur des eingeschlossenen Sauerstoffs genügend, um eine Oxydation beginnen zu lassen.

Damit ist der Anstofs zur normalen Lösung des Reservematerials des Samens gegeben; die durch die Oxydation frei werdende Wärme begünstigt immer mehr diese Vorgänge, welche sich nach aufsen hin durch die Produktion von Kohlensäure kundgeben.

Die Erweckung des schlummernden Samens wird nach dieser Auffassung durch die Lockerung vorbereitet, welche die Samenschale infolge ihrer Quellung durch Wasser erleidet: die gelockerten, für Gase durchlässig gewordenen Zellschichten gestatten nun ein schnelles Eindringen der Gase, die mit ihrer Kondensation also den ersten Anstofs zu denjenigen Verbrennungsprozessen geben, welche den Übertritt der Reservestoffe in eine diffusible, wanderungsfähige Form veranlassen. Da man bei Pflanzen mit Sameneiweifs beobachten kann, dafs die Lösung der Stärke vom jungen Pflänzchen, bei den Monokotylen von dem Samenlappen aus beginnt, so wird man annehmen

---

[1]) Jahresb. f. Agrikulturchemie, 1880, S. 213.

[2]) R. Hoffmann im Jahresbericht der agrikulturchemischen Untersuchungsstation in Böhmen, 1864, S. 6, und F. Haberlandt in Zeitschrift für deutsche Landwirte, 1863, S. 355. Beide Arbeiten im Auszuge in Jahresb. f. Agrikulturchemie, Jahrg. VII, 1864, S. 108 u. 111.

[3]) Compt. rend. 1874, t. LXXVIII, S. 1488, cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1874, II, S. 185.

können, dafs der stickstoffreichste Teil, nämlich das plasmastrotzende Gewebe des Embryo, zuerst zu Umsetzungserscheinungen durch den Sauerstoff angeregt wird und nun selbst durch Entwicklung reicher Enzyme anregend weiter auf die Umgebung wirkt.

Die Störung in der zweiten Keimungsphase kann nur erfolgen durch Sauerstoffmangel oder auch durch Überschufs an Kohlensäure. Die grofse Schädlichkeit der letzteren geht aus den von Dehérain und Landrin bestätigten Angaben von Th. de Saussure hervor, dafs kein Gas der Keimung so nachteilig sei, wie gerade die Kohlensäure. Samen, welche in einer Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff gehalten werden, keimen wie in atmosphärischer Luft; es genügt jedoch, einer Atmosphäre von Sauerstoff einige Hundertstel Kohlensäure zuzuführen, um die Keimung still stehen zu sehen, sobald nur die Würzelchen herausgetreten sind. Ist die Kohlensäure sehr beträchtlich, so gehen die Samen zugrunde, ohne zu keimen.

Auch anderen ruhenden Pflanzenteilen ist die Kohlensäure im Überschufs sehr schädlich. Van Tieghem und Bonnier[1]) fanden bei Zwiebeln und Knollen (*Tulipa*, *Oxalis crenata*), die in sauerstoffreicher Luft noch weiter atmeten, also Kohlensäure produzierten, dafs sie in einer Atmosphäre von reiner Kohlensäure Alkohol bildeten. Derartige Tulpenzwiebeln, welche einen Monat hindurch in sauerstofffreier Luft gelegen, waren erstickt und blieben auch ferner ohne jede weitere Entwicklung.

Solcher Kohlensäureüberschufs kann mit Sauerstoffmangel gemeinsam nun bei einer zu tiefen Lage der Saat auftreten. Diese schadenbringende Höhe der Bodendecke, welche die Keimung des Samens verhindert, läfst sich aber nicht durch bestimmte Zahlen ausdrücken. Abgesehen von den verschiedenen Ansprüchen der einzelnen Pflanzenarten differiert aber für dieselbe Art die zulässige Höhe der Bedeckung nach Bodenbeschaffenheit, Menge und Verteilung der Niederschläge usw. Daher weichen die Resultate der vielfach vorgenommenen Versuche über die beste Aussaattiefe auch voneinander ab, sobald sie auf bestimmte Zahlenangaben eingehen. Sie stimmen aber alle darin überein, dafs man in zweifelhaften Fällen lieber zu flach als zu tief säen soll.

Der Zweck der Bedeckung ist die Befestigung der jungen Pflanze und die Erhaltung eines ausgiebigen Feuchtigkeitsgrades. Der Lichtabschlufs kommt weniger in Betracht. Vor allem ist die Erhaltung einer zum Keimen genügenden Feuchtigkeit ins Auge zu fassen. Ist eine solche vorhanden, dann werden die Wurzeln selbst bei oberflächlicher Lage des Samens alsbald in den Boden eindringen. Somit würde eine ganz flache Saat aller Samen zu empfehlen sein, wenn nicht die trocknen Frühjahrsperioden kämen, welche die Bodenoberfläche so weit austrocknen können, dafs eine vorübergehende oder selbst dauernde Sistierung der Lebenstätigkeit im Keimling stattfindet.

Je lockerer der Boden, desto leichter die Gefahr des Austrocknens, desto tiefer also mufs die Saat zu liegen kommen. In Gegenden mit trocknem Frühjahr wird schwerer Boden eine gleichmäfsigere Keimung zulassen, selbst bei geringer Saattiefe. Derselbe Boden und dieselbe Tiefe der Aussaat werden gefährlich, wenn starke Regengüsse und heifse Tage schnell abwechseln und auf der Oberfläche des Bodens

[1]) Bulletin de la société botanique de France, t. XXVII, 1880, S. 83, cit. in Wollny's Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik.

eine feste Kruste erzeugen, welche die Luftzufuhr zu den im regsten Stoffwechsel befindlichen Samen nahezu abschneidet. Die im Samen eingeschlossene Binnenluft hält nicht lange vor. Die Durchlüftung des Pflanzenkörpers ist aber unumgänglich nötig; selbst der ruhende Same leidet aufserordentlich, wenn ihm die Binnenluft entzogen wird. Die scharfe Krustenbildung des Bodens kann eine an und für sich nicht schädliche Saattiefe somit zur Ursache bedeutender Schädigung werden lassen.

Wie sehr der Luftmangel die Keimfähigkeit der Saat beeinflufst, erhellt aus den Citaten von de Vries[1]). Hiernach injizierte Haberlandt Runkelknäuel unter der Luftpumpe und beobachtete, dafs sie 71,13 % Wasser aufnahmen; es keimten nun von diesen teilweise luftleer gemachten Samen nur 30 %, während von den zur Kontrolle aufgestellten normalen Samen 90 % keimten. Bei einem zweiten Versuche wurde die gesamte Luft durch Wasser unter der Luftpumpe ersetzt, und es keimten jetzt nur noch 8 % gegenüber 72 % bei der Kontrollprobe.

Auch war die Zeit, welche die Samen zur Keimung brauchten, bei den normalen eine kürzere. Es ist wohl anzunehmen, dafs die Entfernung speziell des Sauerstoffs aus dem Samen und die Erschwerung einer Diffusion neuer Quantitäten dieses Gases in die Intercellularräume die Ursache der Erlöschung der Keimkraft sind. Dutrochet[2]) sah auch bei erwachsenen Pflanzenteilen den Tod häufig eintreten, wenn dieselben mit Wasser injiziert waren. Bei schnellem Auftauen gefrorener fleischiger Pflanzenteile, die infolge einer Infiltration der Intercellularräume mit Wasser ein glasiges durchscheinendes Aussehen haben, dürfte der durch das Wasser bedingte Abschlufs der Zellen von der Luft wesentlich mit zu deren Tode beitragen.

Von den mehrfach durchgeführten praktischen Versuchen präzise Zahlenwerte für die beste Saattiefe des Getreides zu gewinnen, sind die von Roestell, Titschert, Ekkert und Wollny die eingehendsten. Roestell[3]) gibt für lockeren, kräftigen Ackerboden 2 bis 4,5 cm als günstigste Tiefe an.

Die Tietschert'schen Versuche[4]) bestreben sich, die in verschieden physikalisch konstruierten Bodenarten maximalen Grenzen der günstigen Saattiefe festzustellen. Für Sandboden ergab sich als rationelle Maximaltiefe 10 cm, für humosen Boden 8 cm, für kalkhaltigen Ton- und Lehmboden 5 cm.

Letztere beide Bodenarten litten von der trocknen Witterung, so dafs die seichtere Aussaat schlechtere Erfolge gab. Ein später im Jahre wiederholter Versuch (August bis September) ergab für alle Bodenarten eine Saattiefe von nur 2,5 cm als sehr ungünstig der Trockenheit wegen: Tonboden erwies sich in diesem Falle bei 10 cm Saattiefe am günstigsten. Man sieht daraus, mit welcher Reserve die bestimmten Zahlen aufgenommen werden müssen. Ekkert[5]) experimentierte mit

---

[1]) De Vries, Keimungsgeschichte der Zuckerrübe, Landwirtsch. Jahrb. v. Thiel, 1879, S. 20.

[2]) Dutrochet, Mémoires etc. édition Bruxelles S. 211, cit. von de Vries l. c.

[3]) Annalen der Landwirtschaft, Bd. 51, S. 1.

[4]) Tietschert, Keimungsversuche mit Roggen und Raps. Halle 1872.

[5]) Ekkert, Über Keimung, Bestockung und Bewurzelung der Getreidearten usw. Inauguraldissertation. Leipzig 1874.

Roggen, Hafer und Gerste in Lehmboden, Teichschlamm, Sandboden und Gartenerde. Bei Aussaaten von Roggen in freistehende Holzkästen zeigte sich ein Unterschied zwischen 2 bis 8 cm Bedeckung im Aufgehen der Pflanzen (infolge der gleichmäfsigen allseitigen Durchlüftung) nicht. Bei Versuchen im Freien erschien die Bestockung um so günstiger, je geringer die Tieflage der Saat; doch bezieht sich dies mehr auf die Zeit des Erscheinens der Sprosse als auf die Qualität derselben. Hafer und Gerste vertragen eher eine tiefere Unterbringung als Roggen. Bei Sommerung ist eine tiefere Lage der Saat zulässig als bei Winterung. Die Minimalgrenze für Getreide dürfte 1,5 bis 2 cm betragen, die Maximalgrenze für günstige Resultate wohl bei 6 cm liegen.

Spätere Versuche desselben Verfassers[1]) ziehen einen anderen, sehr berücksichtigungswerten Faktor in Betracht, der für denselben Boden wiederum modifizierend auf die zulässige Saattiefe einwirkt. Die Qualität des Saatgutes ist bisweilen ausschlaggebend. Auf die Keimfähigkeit schien die Qualität des Saatweizens, mit dem zuerst experimentiert wurde, allerdings ohne Einflufs, aber die Entwicklung der jungen Pflanze war bei gleicher Saattiefe um so günstiger, je besser das Saatkorn war. Bei einer mittleren Saattiefe (es handelt sich um Versuche im Sandboden) von 5 cm ergaben alle Qualitäten das längste Stroh; bei derselben Tiefe waren auch die Ähren am längsten. Das Verhältnis des Gewichtes des Körnerertrages zu dem des Strohertrages ist um so ungünstiger ausgefallen, je schlechter das Saatgut und je tiefer die Aussaat gemacht worden war. Die Versuche mit Gerste bestätigten die Ergebnisse, welche bei Weizen gewonnen worden waren: je geringer die Saattiefe und je besser die Qualität bei derselben Tiefe, desto früher ging die Saat auf. Die Summe der aufgelaufenen Pflanzen war bei dem geringeren Saatgute keine geringere, aber der Einflufs der Saattiefe machte sich bei dieser Qualität darin geltend, dafs das Stroh um so länger war, je seichter die Unterbringung. Im allgemeinen wird man sich sagen müssen, dafs die Saattiefe bei sonst gleich gedachten Verhältnissen zunächst auf alle diejenigen Entwicklungsstadien von Einflufs sein wird, die mit dem Jugendstadium zusammenhängen. Es ist aber auch die Quantität der Körnerernte durch die Anzahl der Sprossen und die Länge der Ähren sowie die Ausbildung der Ährchen von der jugendlichen Entwicklung abhängig und wird somit von der Saattiefe beeinflufst. Dagegen hängt die Qualität der geernteten Körner von dem Ernährungszustande und den Witterungsverhältnissen des laufenden Jahres ab, wird also kaum mehr durch die Jugendentwicklung oder die angeerbten Eigenschaften des Kornes beeinflufst werden.

Vorquellen der Samen, das mehrfach bei anhaltend trockner Saatzeit für leichten Boden empfohlen worden ist, hat seine grofsen Bedenken. Wenn nämlich die Witterung trocken bleibt, reicht das aufgenommene Quellungswasser nicht aus, um ein Eindringen der primären Würzelchen des Getreides in Bodenschichten mit genügender Feuchtigkeit zu gestatten, und es ist dann eine Vegetationsunterbrechung unvermeidlich. Daraus erklärt sich die Erfahrung von Wollny[2]), dafs Vorquellen später ausreifende Pflanzen liefert.

Die eingehendsten Studien über die passende Saattiefe verdanken

---

[1]) Ekkert, Kulturversuch mit Weizen und Gerste verschiedener Qualität usw. Fühling's Landw. Zeit., 1875, Heft 1; 1876, Heft 1 u. 2.

[2]) Bot. Centralbl., Bd. XXX, Nr. 15 (1887), S. 48.

wir WOLLNY[1]), der für Getreide feststellte, daſs 2 bis etwa 3 cm tiefe Aussaat die besten Ernteresultate liefert. Darüber hinaus fand sich, wie JÖRGENSEN[2]) bereits besonders hervorgehoben, ein merklicher Rückgang. Letztgenannter Autor sah auch, daſs der Roggen dabei am empfindlichsten, der Weizen am wenigsten litt. Bei den Hülsenfrüchten ist die Saattiefe bedeutungsloser: dagegen erwiesen sich Kleearten, Rüben und Raps sehr abhängig von der Höhe der Samenbedeckung, die noch geringer als bei dem Getreide (0,5 bis 2,6 cm) wünschenswert erscheint. Die WOLLNY'schen Versuche zeigten, daſs in den trocknen Jahren die stärkere, in den feuchten die schwächere Erddeckung am vorteilhaftesten gewesen. Übereinstimmend bei feuchter und trockner Witterung bemerkte man eine Verspätung der Erntezeit mit zunehmender Saattiefe, eine Abnahme der Zahl der überhaupt aufgelaufenen und noch mehr der bis zur Ernte sich erhaltenden Pflanzen.



Fig. 9. Roggensämling bei tiefer Lage des Samenkorns. Emporhebung des Bestockungsknotens in die Nähe der Bodenoberfläche. (Orig.)

Aber es muſs immer wieder betont werden, daſs präzise Zahlen für die günstigste Saattiefe in den einzelnen bestimmten Lokalitäten nur direkt vom Landwirt gesammelt werden können, da nicht nur Bodenbeschaffenheit und Witterung, sondern auch der Sortencharakter mitsprechen, wie STÖSSNER[3]) gezeigt hat.

Dasselbe gilt für Knollen, Zwiebeln und Wurzelstücke, die zur Aussaat benutzt werden. Hier sprechen ganz besonders die Cohärescenzverhältnisse des Bodens mit, weil diese wasserreichen, fleischigen Organe von der Sauerstoffzufuhr im Boden wesentlich und schnell beeinfluſst werden. Für Kartoffeln haben schon die Versuche von NOBBE[4]) und KÜHN[5]) ergeben, daſs in fraglichen Fällen das

[1]) WOLLNY, Saat und Pflege der landwirtschaftl. Culturpflanzen. Berlin 1885.
[2]) JÖRGENSEN, S., Versuche über das Unterbringen der Saat usw. Annalen d. Landw. in d. Kgl. Preuss. Staaten. Wochenblatt 1873, Nr. 11.
[3]) STÖSSNER, Untersuchungen über den Einfluſs verschiedener Aussaattiefen usw. Landwirtsch. Jahrbücher 1887.
[4]) NOBBE, Handbuch der Samenkunde, 1876, S. 184.
[5]) KÜHN, Berichte aus dem physiolog. Laborat. Halle, Heft I, S. 43.

seichtere Auslegen das vorteilhafteste sein wird. Bei der Treiberei der Blumenzwiebeln entstehen bisweilen namhafte Verluste dadurch, dafs die Zwiebeln (Hyacinthen) zu tief in die Töpfe gepflanzt oder mit den Töpfen zu hoch bis zum Stadium der Durchwurzelung mit Erde bedeckt werden. Namentlich wenn der Deckboden schwer und feucht und die Zwiebeln im Vorjahr bei feuchter Witterung nicht genügend ausgereift sind, pflegt leicht der „Rotz" (s. d. Bd. II) sich einzustellen.

Interessant ist der Vorgang der Selbstregulierung der Saattiefe seitens einzelner Pflanzengeschlechter. Bei den Gräsern, und zwar am besten erkennbar bei unseren Getreidearten, ist das erste Internodium der Apparat, der dazu bestimmt ist, bei zu tiefer Lage des Samenkorns den die Stengelanlage und die Seitenknospen bergenden zweiten Knoten, den Bestockungsknoten, in die lockere, stark durchlüftete obere Bodenschicht hinaufzuschieben. In beistehender Fig. 9 erblicken wir das bereits nahezu entleerte Samenkorn mit seinen schwach gebliebenen, bereits im Korn angelegt gewesenen (primären) Wurzeln. Aus dem Samenkorn hat das erste (überverlängerte) Internodium den zweiten Knoten bis in die Nähe der Erdoberfläche hinaufgeschoben, und erst in dieser günstigen Lage haben sich die nunmehr auf Lebenszeit verbleibenden sekundären Wurzeln entwickelt und kommen die Anlagen der Seitentriebe zu weiterer Ausbildung. Bei flacher Aussaat bleiben beide Knoten dicht beieinander und geben im Querschnitt umstehendes Bild (Fig. 10). Das Gewebe des Knotens erscheint durch gebräunte Gefäfsstränge radial gefächert. Diese Gefäfsbündelcylinder gehören den primären Wurzeln an und erkranken bereits während oder bald nach der Ausbildung der secundären Wurzeln. Das Grundgewebe des Knotens zeigt dicht an der wenig zelligen Markscheibe (*m*) den ersten Gefäfsbündelkreis (*g*) des jungen Halmes. Äste dieser Bündel, kenntlich an den weiten Gefäfsen (*g'*), sind bereits weiter aufsen im Achsencylinder zu finden. Dieser junge Halm besitzt auf der mit *V* bezeichneten Seite noch gleichmäfsig zusammenhängendes Rindengewebe; nach der entgegengesetzten Seite *D* zu aber haben sich bereits das erste, farblos bleibende, scheidenförmige Blatt (*sch*) und die Anlage des nächsthöheren, sich später vollkommen ausbildenden ersten grünen Blattes (*bl*) vom Rindengewebe abgetrennt. In der Achsel dieses ersten Blattes erkennt man schon die meristematische Anlage der ersten Seitenknospe (*kn*), welche das vor ihr liegende grüne Blatt mit bereits deutlich entwickelter Epidermis (*e'*) vorwölbt; *e* ist die Epidermis des sich eben von der Achse differenzierenden Scheidenblattes. Verfolgt man das (punktierte) Gewebe der Anlage des ersten grünen Blattes (*bl*) im umstehenden Querschnitt rückwärts nach der mit *V* bezeichneten Seite hin, so sieht man, dafs dasselbe in einen farblosen, aber durch seine verhältnismäfsig grofsen, Luft führenden Intercellularräume (*i*) gekennzeichneten Gewebering übergeht. Es ist dies das Rindengewebe des jungen Halmes, und man erkennt somit, dafs jedes Getreideblatt eine direkte Fortsetzung der Halmrinde ist.

Dieser Rindenring hängt auch auf der Seite *V* noch mit dem Gewebe des Scheidenblattes zusammen, und es ist bemerkenswert, dafs diese Scheide schon in einem so jungen Stadium der Halmdifferenzierung ihre Arbeit geleistet haben mufs, da das Gewebe vollständig verarmt ist und lückig (*l*) zu werden beginnt.

Während bei den Gramineen also der Hilfsapparat, der bei zu tiefer Saat den Vegetationskegel in die reichdurchlüftete Bodenkrume

führen soll, in der (bis 9 cm beobachteten) Streckung des untersten und im Notfall auch noch des nächsthöheren Internodiums besteht, finden wir bei den Leguminosen und anderen Dikotyledonen eine andere Einrichtung. Bei Bohnen z. B. bemerken wir zunächst auch eine den Bedürfnissen entsprechende vermehrte Verlängerung des hypokotylen Gliedes, so

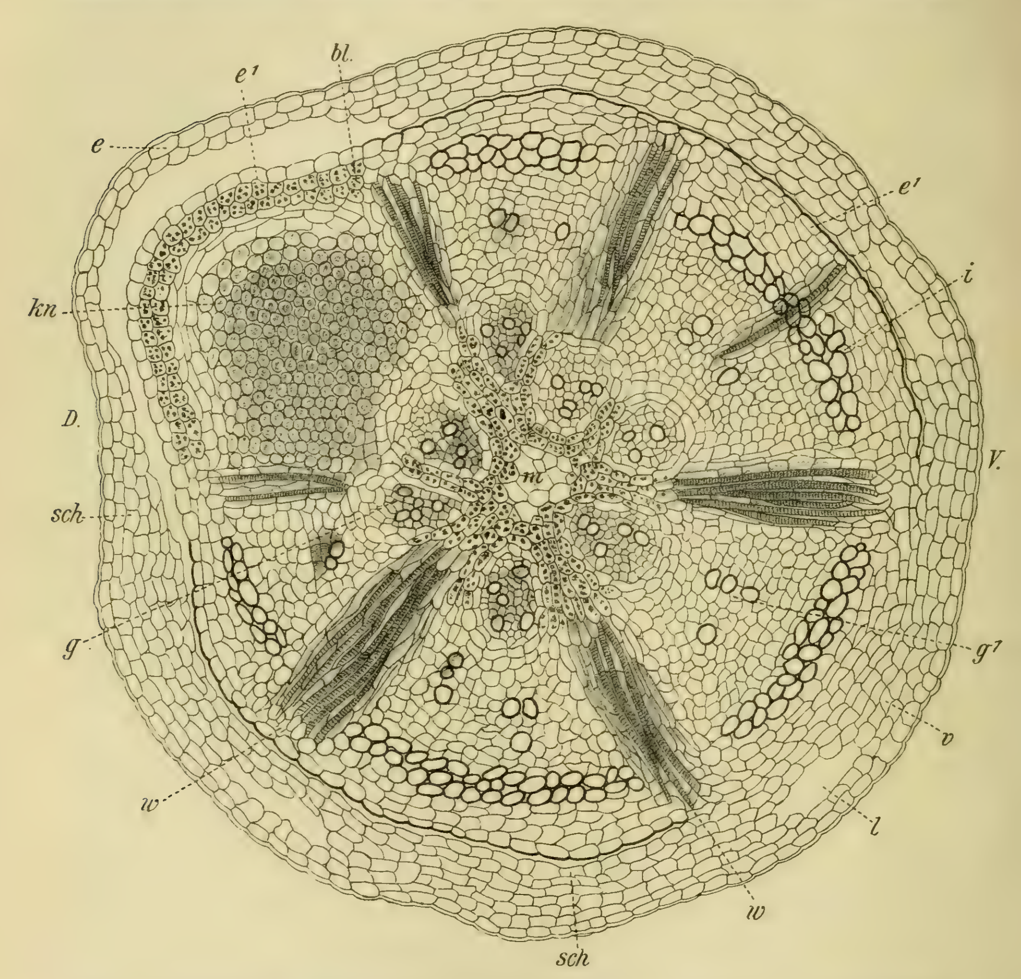


Fig. 10. Querschnitt durch den untersten Knoten einer jungen Roggenpflanze. Buchstabenerklärung im Text (Orig.).

dafs bei ganz verschiedener Saattiefe schliefslich die wachsende Stengelspitze bei allen Pflanzen in annähernd derselben Höhe sich befindet. Natürlich wird die Kräftigkeit der Pflanzen bei gleichem Saatgut durch die gröfsere Saattiefe vermindert. Je mehr sich das hypokotyle Glied verlängern mufs, damit sein, dem gekrümmten Rücken des Lastträgers vergleichbarer, oberer Teil die Erdlast durchbrechen und die Kotyledonen ans Licht bringen kann, desto mehr Reservestoffe werden verbraucht. Es ist daher ganz erklärlich, dafs aus grofser Tiefe kommende Pflanzen schwächlicher sind, selbst wenn sie nicht erst im

eingriffe auf die Entwicklung der Pflanze ausüben, einen noch gröſseren Raum wie früher eingeräumt. Sie ist bestrebt, immer darauf hinzuweisen, wie die Pflanze das Produkt ihres speziellen Standorts ist, wie bei derselben Art die einzelnen Individuen stofflich und gestaltlich je nach den vorhandenen Ernährungsbedingungen voneinander abweichen, und wie die verschiedenen Individuen den einzelnen Krankheitsursachen gegenüber sich in ganz verschiedenem Grade widerstandsfähig erweisen. Deshalb muſs nicht auf die lokale Bekämpfung oder Abhaltung des Parasiten, sondern auf die Stärkung der natürlichen Immunität und Anzucht widerstandsfähiger Varietäten das Hauptgewicht gelegt werden.

Erster Band.

Diese Anschauungen finden sich nun in dem allgemeinen Teile des **ersten Bandes** in der Einleitung ausführlicher auseinandergesetzt. Es wird zunächst erörtert, was als Krankheit behandelt werden muſs, und dabei darauf hingewiesen, daſs auch die Abweichungen vom Kulturzweck zur Besprechung gelangen müssen, obwohl sie oftmals gar keine eigentlichen Krankheiten darstellen. Dies gibt Veranlassung, die Abhängigkeit des Organismus von der Umgebung speziell zu erörtern und die Fragen über die Entstehung einer Krankheit und das Wesen des Parasitismus sowie über Krankheitsvererbung und Degeneration zu besprechen.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich die Notwendigkeit, denjenigen, der sich wissenschaftlich mit der Pathologie beschäftigen will, auf die früheren Anschauungen über das Wesen der Krankheiten und ihr Zustandekommen aufmerksam zu machen, und dies geschieht in einem zweiten, neu hinzugekommenen Abschnitt, der die geschichtliche Entwicklung behandelt.

In dem nun folgenden speziellen Teile wird im ersten Abschnitt auf die Erscheinungen eingegangen, die durch **ungünstige Bodenverhältnisse** veranlaſst werden. Das erste Kapitel behandelt die Lage, das zweite die ungünstige physikalische Bodenbeschaffenheit. Die chemischen Verhältnisse werden in den Kapiteln «Wasser» und «Nährstoffmangel und -überschuſs» eingehend besprochen.

Im zweiten Abschnitt finden wir eine eingehendere Darlegung der Wirkungen schädlicher atmosphärischer Einflüsse, wobei die neueren Untersuchungen Sorauers über die Frostschäden einen breiteren Raum einnehmen und durch zahlreiche Abbildungen erläutert werden. Dem Kapitel über Wärmemangel folgen die über Wärmeüberschuſs, Lichtmangel und -überschuſs, Blitz, Sturm, Hagel usw.

So wie die vorigen Abschnitte hat auch der Abschnitt über schädliche Gase eine wesentliche Erweiterung in Rücksicht auf die sich beständig steigernden Prozesse zwischen Landwirtschaft und Industrie erfahren. In gleicher Weise ist bei der Wundbehandlung besondere Rücksicht auf die im praktischen Leben vorkommenden Fälle genommen worden, indem die Kapitel über Schröpfen und Schälen der Bäume sowie Veredlung und Stecklingszucht unter Zuhilfenahme zahlreicher anatomischer Bilder auf wissenschaftlicher Basis ausführlich behandelt worden sind.

Zweiter Band.

Im **zweiten Bande** beginnt **Prof. Lindau** seine Darstellung der durch pflanzliche Schmarotzer hervorgerufenen Krankheiten mit der Schilderung der parasitischen Pilze und behandelt in einem zweiten Abschnitt die parasitären Algen, im dritten die phanerogamen Schmarotzer.

Unter Übernahme der **Abbildungen** der vorigen Auflage und reichlicher Vermehrung derselben werden nach Besprechung der Schleimpilze *(Myxomycetes)* schon im ersten Hefte die bereits sehr zahlreich gewordenen Bakterienkrankheiten dargestellt. Die nächsten Hefte werden die Mycelpilze *(Eumycetes)* in der dem Standpunkt des Verfassers entsprechenden Anordnung bringen, und zwar zunächst die Algenpilze *(Phycomycetes)* in ihren Unterabteilungen der Eisporenpilze *(Oomycetes)* und Jochpilze *(Zygomycetes)*. Es werden sich daran die Schlauchpilze *(Ascomycetes)* und Basidienpilze *(Basidiomycetes)* sowie die Fungi imperfecti anschlieſsen.

Dritter Band.

Im **dritten Bande** faſst **Dr. Reh** alle praktisch wichtigen Beschädigungen durch Tiere zusammen.

Nach einem einleitenden Abschnitt, der über die Biologie der schädlichen Tiere, ihre Verbreitung und Schädigungsform handelt, wendet sich **Dr. Reh** zur systematischen Übersicht und beginnt im zweiten Abschnitt seine Darstellung mit den Würmern und pflanzenschädlichen Crustaceen. An diese Kapitel gliedern sich die Tausendfüſse, Spinnen und Milben, Insekten und schlieſslich die Wirbeltiere. Der dritte Abschnitt beschäftigt sich mit der Bekämpfung, bei der im ersten Kapitel die natürlichen Feinde aus dem Tierreiche, im zweiten Kapitel die Feinde aus dem Pflanzenreiche, nämlich die insektentötenden Pilze, besprochen werden. Es folgen sodann die Kapitel über die mechanischen und chemischen Bekämpfungsmittel und die dazu gehörigen Apparate. Der letzte Abschnitt wird die Bedeutung der Disposition für tierische Angriffe behandeln.

Übereinstimmend bei allen Bearbeitern ist das Bestreben gewesen, wissenschaftliches Material zu geben, aber dieses Material so darzustellen, daſs sich auch der keine speziellen Vorkenntnisse besitzende Leser in den Stoff einarbeiten kann. Aus diesem Grunde sind bei dem Gebrauch der technischen Ausdrücke erklärende Umschreibungen eingeflochten worden. Durch die Einrichtung, nach einer allgemeinen Einleitung bei jedem Kapitel die einzelnen Krankheitsfälle in knapper Darstellung vorzuführen, ist nicht nur Raum gewonnen, sondern auch die Verwandtschaft der einzelnen Krankheiten angedeutet. Wo es nötig erschien, sind **synoptische Tafelbilder** beigegeben.

Bei allen diesen Erweiterungen des wissenschaftlichen Teils des Handbuchs ist aber die in den früheren Auflagen bereits zum Ausdruck gebrachte Methode beibehalten worden, bei jeder Gelegenheit **auf das praktische Bedürfnis** der leichten Erkennung und der möglichen Bekämpfung oder Vorbeugung der Krankheiten hinzuweisen, so daſs das Handbuch in seiner neuen Form als das **umfassendste aller bis jetzt existierenden Werke auf dem Gebiete der Phytopathologie** bezeichnet werden darf und hoffentlich **auch von seiten gebildeter Praktiker** diejenige freundliche Aufnahme finden wird, die den früheren Auflagen zu teil geworden ist.

Die dritte Auflage des Handbuchs der Pflanzenkrankheiten, die nach dem im vorstehenden Gesagten gegenüber den früheren Auflagen ein vollständig neues Werk sein wird, wird in 16—18 Lieferungen zum Preise von je 3 Mark erscheinen und soll bis Ende 1906 vollständig vorliegen. Der Gesamtumfang wird etwa 90—96 Druckbogen mit zahlreichen Textabbildungen betragen. Das Werk ist in drei Bände eingeteilt und das Erscheinen der Lieferungen so geregelt, daſs abwechselnd Lieferungen aus den verschiedenen Bänden zur Ausgabe gelangen. Einzelne Bände und Lieferungen werden nicht apart abgegeben. Einbanddecken erscheinen mit der Schluſslieferung.

Seiner ganzen Anlage nach ist Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankheiten in seiner dritten Auflage als das zur Zeit umfassendste Werk des mächtig sich entwickelnden Gebietes der Phytopathologie zu bezeichnen.

Zu einer Subskription auf dasselbe sei hiermit höflichst eingeladen; die Lieferung kann durch die Buchhandlung erfolgen, die vorliegendes Heft übersandt hat.

Piererschc Hofbuchdruckerei Stephan Geibel & Co. in Altenburg, S.-A.

Lieferung 4. (Erster Band, Bog. 8—13.) Preis: 3 Mark.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage
in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau,
Privatdozent an der Universität Berlin

und

Dr. L. Reh,
Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben
von

Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



Mit zahlreichen Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1905.

Erscheint in 16—18 Lieferungen à 3 Mark.



Samen Reservestoffe durch starke intramolekulare Atmung verlieren. Solches wird aber aufserdem der Fall sein, wenn nach der zu tiefen Einsaat sich andauernd nasses Wetter einstellt, so dafs Sauerstoffmangel entsteht.

Welche Mengen von Reservestoffen durch intramolekulare Atmung und Alkoholbildung verloren gehen können, zeigen die Versuche von Godlewski und Polzeniusz [1]). Sterilisierte Erbsen im evacuierten Raume produzierten in der ersten Zeit fast so viel Kohlensäure wie bei der normalen Atmung in Luft. Die Gesamtmenge betrug über 20 % der ursprünglichen Trockensubstanz der Samen. Die Menge des gebildeten Alkohols entsprach der Menge der Kohlensäure. Erst in der sechsten Woche hörte die Kohlensäureproduktion der in sterilisiertem Wasser liegenden Erbsen ganz auf, und bis dahin waren etwa 40 % der vorhandenen Trockensubstanz in Alkohol und Kohlensäure gespalten worden. Das ist auch bei dem Getreide der Fall. Diese Schwächung wird bei letzterem durch die Arbeit der sekundären Wurzeln am Bestockungsknoten wieder beseitigt. Bei den Hülsenfrüchten kann nun ein ähnlicher Vorgang der Selbsthilfe eintreten, indem, wie Wollny nachgewiesen, an dem überverlängerten hypokotylen Gliede Adventivwurzeln gebildet werden. Er beobachtete solche an dem erdbedeckten Stengelteile aufser bei den Ackerbohnen auch bei Erbsen, Wicken, Linsen, Lupinen, und von Pflanzen anderer Familien noch bei Raps und Sonnenblumen. Aber die Leguminosen kommen häufig gar nicht in die Lage, von einem derartigen Hilfsapparat Gebrauch zu machen, da sie, selbst bei normaler Saattiefe und Keimfähigkeit, leicht anderen Fährlichkeiten erliegen, wie in dem Abschnitt über „Hartschaligkeit“ besprochen werden soll.

Wurzeln aus der Spitze von Getreidekörnern.

Wir glauben hier am besten einen Fall anschliefsen zu können, der durch seine Eigentümlichkeit und Seltenheit verdient, der Wissenschaft erhalten zu bleiben.

Herr Landwirtschaftslehrer Wolfes in Dargun (Mecklenburg-Schwerin) übersandte mir im Jahre 1876 14 Weizenkörner, welche

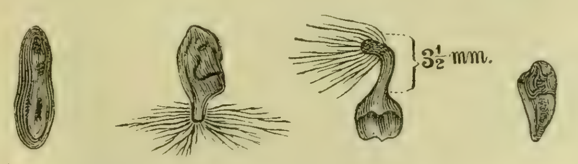


Fig. 11. Weizenkörner mit Wurzeln, welche nicht vom Embryo stammen, sondern aus der hypertrophierten Fruchthaut an der Spitze des Samenkorns entspringen.

durch Hypertrophie den Embryo nicht seitlich am Sameneiweifs, sondern mitten im Endosperm eingeschlossen zeigten. Die Körner waren im Herbst gesät und, zum Teil mit Wurzeln aber ohne Triebe, im Frühjahr im Boden wieder aufgefunden worden. Ihre Gestalt (Fig. 11 u. 12) war entweder schlank birnenförmig oder auch an einem

[1]) Godlewski und Polzeniusz, Über Alkoholbildung bei der intramolekularen Atmung höherer Pflanzen. Anzeig. Akad. d. Wiss. Krakau, cit. Bot. Jahresb. 1897, S. 142.

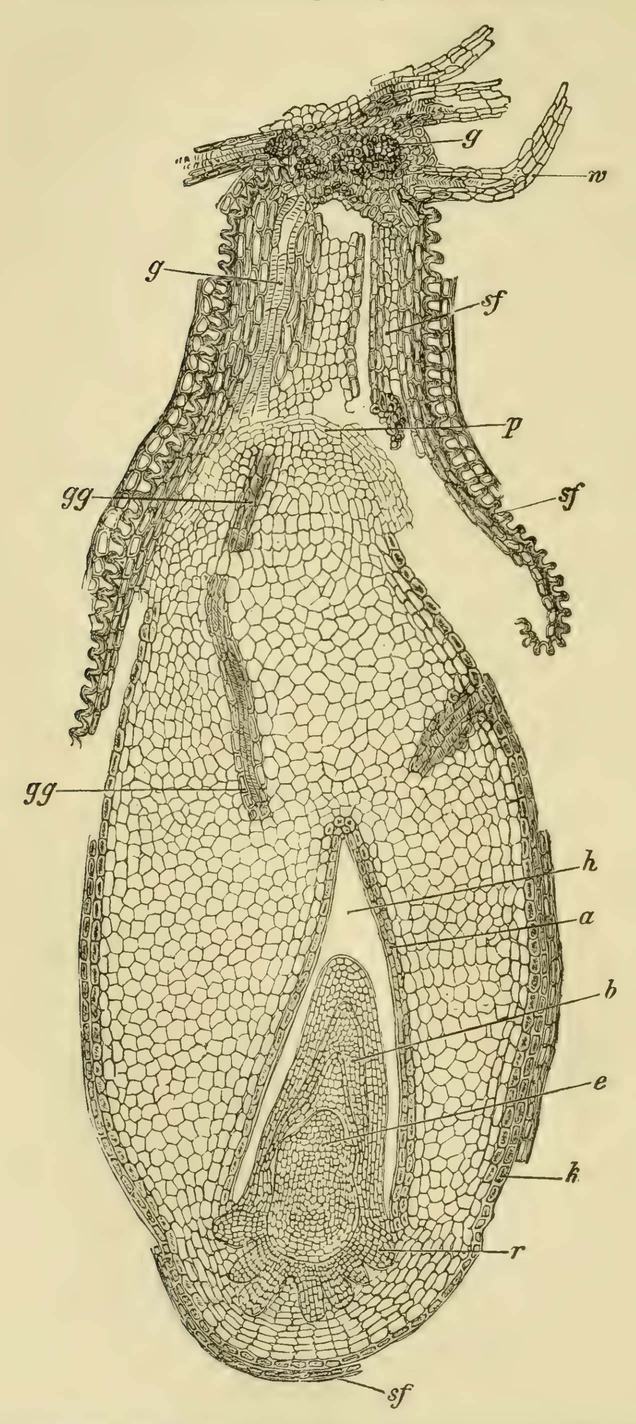


Fig. 12. Weizenkorn mit hypertrophierter Fruchthaut und Wurzelbildung an seiner Spitze. Embryo zentral statt lateral. Buchstabenerklärung im Text (Orig.).

Ende cylindrisch und am anderen, sich schnell verjüngenden, die Form eines Geigenhalses annehmend. Bei manchen Körnern (Fig. 11 u. 12) war die Verlängerung des schmalen, dem Embryo entgegengesetzten Endes so bedeutend, dafs dadurch ein 2 bis 3,5 mm langer, nach oben gekrümmter Hals gebildet wurde.

Bei 12 Körnern, deren Länge von $^3/_4$ bis $1^1/_4$ cm schwankte, trug der Hals eine grofse Anzahl von 1 bis 2 cm langen, sehr dünnen, fädigen, dicht büschelig gestellten Wurzeln, welche fast ihrer ganzen Länge nach behaart waren.

Wenn man die hier und da gesprengte, stellenweise runzelige Fruchtschale von dem Korn vorsichtig mit der Nadel abzuheben suchte, fand man, dafs dieselbe an einzelnen Stellen noch dicht auf dem Korn aufgekittet war und in der Umgebung dieser meist etwas dunkler gefärbten Stellen abbrach; dagegen blieb ihr oberer Teil fast stets in festem Zusammenhange mit dem schnabelförmigen Fortsatze, der sich dann im ganzen wie eine strohige Kappe von dem eigentlichen Samenkorn abheben liefs (Fig. 12). Der Hals stand also zur Zeit der Untersuchung mit dem eigentlichen Samenkorn in keiner anderen Verbindung als durch die Fruchtschale, aus deren Substanz er auch gebildet zu sein schien. Im frischen Zustande des Kornes hat derselbe sicher fest auf dem Samen aufgesessen, da einzelne konkave Stellen, welche man mit der Lupe an der inneren Kappenwand wahrnahm, zu den kleinen, konvexen Erhabenheiten pafsten, welche auf dem Samenkorne sichtbar waren.

Aufser dem merkwürdigen, schnabelförmigen Fortsatze mit seinen Wurzeln war aber noch der Umstand auffallend, dafs die sonst überall vorhandene Furche diesen Weizenkörnern fehlte; ebensowenig war der Keimling, welcher an der Basis des normalen Kornes sitzt und durch die Fruchtschale hindurch sofort kenntlich ist, bei den aufgefundenen Körnern bemerkbar. Der Mehlkörper selbst endlich zeigte bei dem Zerschneiden nur zum kleinen Teil jene weifse Farbe des gesunden Kornes; er war namentlich vom Rande her auf weite Strecken glasig durchscheinend und gelblich. Der Geruch war ranzig. Die für den Stärkenachweis mafsgebende Blaufärbung bei Zutritt von Jod trat nur in denjenigen Gewebepartien des Kornes intensiv auf, welche auf dem frischen Schnitte weifs und mehlartig sich zeigten, während die glasigen Stellen meist nur leicht hellblauen Zellinhalt aufwiesen.

Die Kleberschicht war bei den aus Mecklenburg eingesandten Körnern gar nicht und die dünne Samenschale nur unvollkommen entwickelt. An Stelle der Kleberschicht (Fig. 12 *k*) befand sich tafelförmiges Parenchym, dessen Inhalt nicht wesentlich von dem des darunterliegenden Gewebes abwich.

Das Auffallendste an den so abweichend gebauten Weizenkörnern war aber jedenfalls die Lage des Embryo am entgegengesetzten Ende von demjenigen, welches die Wurzeln (Fig. 12 *w*) trug, genau in der Mitte des Kornes (ähnlich wie bei den Typhaceen) gleichmäfsig von allen Seiten von stärkeführendem Gewebe des Mehlkörpers (Endosperm) eingeschlossen. Während bei den normal gebauten Weizenkörnern der Keimling aufsen an der Basis des Kornes sitzt und mit dem Mehlkörper durch ein besonderes Organ, das Scutellum (den Samenlappen) verbunden ist, liegt hier der Keimling (Fig. 12 *e*) ohne Samenlappen in einer zentralen Höhlung (Fig. 12 *h*) des Kornes.

Diese Höhlung ist bei einigen Körnern ellipsoidisch, bei anderen

dreiseitig; bei einigen geht sie etwa bis in die Mitte des Kornes, bei anderen erstreckt sie sich, nach oben immer enger werdend, bis an die Spitze, ja bis in das Gewebe der Kappe hinein. Auf der Innenseite ist sie mit einer, aus zwei tafelförmigen Zellreihen mit kleberähnlichem Inhalt gebildeten Schicht (Fig. 12 *a*) ausgekleidet, welche deutlich an die sonst bei gesunden Körnern aufsen auf dem Mehlkörper aufgelagerte Kleberschicht erinnert.

Die tütenförmig übereinandergeschachtelten jungen Blätter des Keimlings zeigen keine wesentliche Abweichung; dagegen ist die Zahl der kranzförmig fast in gleicher Höhe entspringenden Keimwurzeln (Fig. 12 *r*) stets auf 6 bis 8 vermehrt, und diese Wurzeln erscheinen von einer nach Art der Korkzellen geordneten, 6 bis 8 Zellenreihen starken, stärkefreien Parenchymschicht bedeckt.

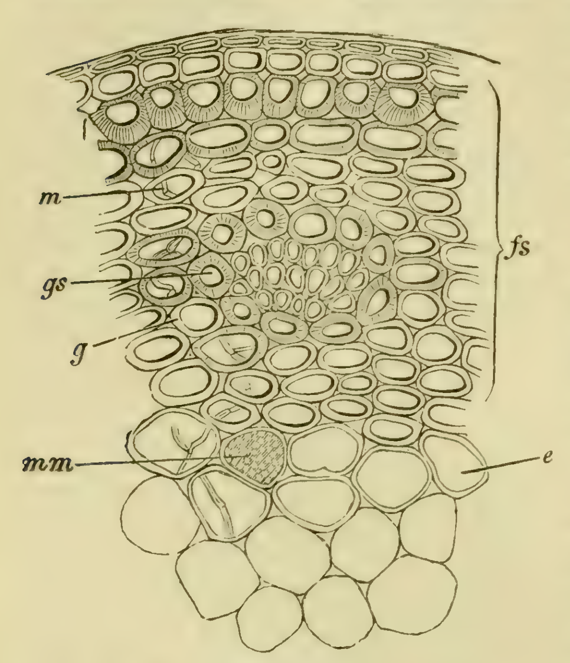


Fig. 13. Myceldurchzogene, hypertrophierte Fruchthaut.

Auf diesem Gewebe ruht die vereinigte und veränderte Samen- und Fruchtschale (Fig. 12 *sf*), welche am trocknen Korn nach der Spitze hin immer dicker, derbwandiger, zellenreicher wird und unmerklich sich zu der Kappe ausbildet, die an ihrer Spitze die Wurzeln (Fig. 12 *w*) trägt.

Von den Wurzeln aus setzt sich rückwärts der Gefäfsbündelstrang in die Kappe hinein fort. Hier findet man oft mehrere Stränge an der Spitze der Kappe zu einem horizontal laufenden, ringförmigen, dickeren Gefäfsnetze, an einen Halmknoten erinnernd, vereinigt.

Noch weiter von der Spitze abwärts sieht man die Gefäfsbündelstränge (Fig. 12 *g*) isoliert in der Nähe des äufsern Umfanges innerhalb der Kappe abwärts laufen, ja sie lassen sich in den Mehlkörper des Kornes hinein verfolgen (Fig. 12 *gg*). Das normale Korn hat keine ausgebildeten Gefäfsbündel im Endosperm und nur eine Anlage dazu im Samenlappen. Hier aber ziehen sich die Gefäfsbündel in mehrfach unregelmäfsigem Verlauf durch den Mehlkörper und umgeben selbst bei einzelnen Körnern halbkreisförmig den Keimling, welcher, trotzdem die Körner vom Herbst bis zum Frühjahr in der Erde gelegen, sich nicht entwickelt hatte.

Bei Zerlegung der kranken Körner in einzelne, zur mikroskopischen Untersuchung geeignete Querschnitte konnte man nun die wahrscheinliche Ursache dieser auffallenden Verbildung alsbald auffinden. An denjenigen Stellen des Kornes, an welchen die Fruchtschale sich durchaus nicht vom Korn lösen wollte, sondern eine zusammenhängende, feste,

gleichmäfsige, etwas dunkle Masse bildete (Fig. 13), liefsen sich dicke, reichverzweigte, oft mit kurzen, knäuelartigen Astanhäufungen versehene Mycelfäden nachweisen. Die Fäden des farblosen, stark lichtbrechenden Mycels wuchsen quer durch die sehr dicken Wandungen (Fig. 13*m*) der Zellen der miteinander verschmolzenen Frucht- und Samenschale. Da, wo die Zellen inhaltsreicher und dünnwandiger wurden, im Gewebe des Mehlkörpers, häuften sich die Mycelfäden und füllten einzelne Zellen ganz aus (Fig. 13*mm*).

In der Umgebung solcher Stellen war die Stärke gelöst, der plasmatische Inhalt erhalten, aber fest, wie nach dem Eintrocknen. In anderen Zellen zeigte sich das feine Netz plasmatischer Substanz, das bei Anwesenheit der Stärkekörner kaum merklich war, allein vorhanden; es besafs genau die Anordnung, als wenn es sich noch um die Stärkekörner herumlagerte: aber statt der Körner waren meist nur noch die entsprechenden Hohlräume vorhanden. Daher die gelbliche, durchscheinende Beschaffenheit der betreffenden Stellen, zwischen welchen, mehr nach der Mitte des Kornes zu, inselartige Zellgruppen mit starkem Stärkegehalt eingestreut lagen. Diese gemischten Regionen erwiesen sich bei Jodzusatz unter schwacher Vergröfserung hellblau.

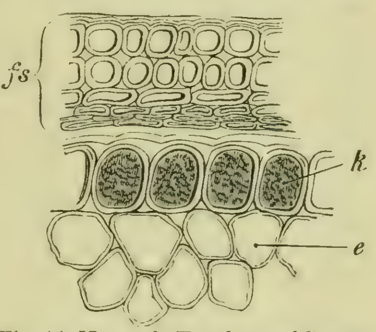


Fig. 14. Normale Frucht- und Samenhaut nebst Kleberschicht.

Wie abweichend an diesen Stellen das kranke Korn gebaut war, zeigt am besten der Vergleich von Fig. 13 mit Fig. 14. Letztere stellt einen Schnitt aus der entsprechenden Stelle eines gesunden Kornes dar. Die aus der Frucht- und Samenhaut gemeinschaftlich gebildete Schale des Kornes (Fig. 13 u. 14 *fs*) hat bei dem kranken Korn mehr als die dreifache Dicke der gesunden Schale. Bei *g* sehen wir in der krankhaft entwickelten Fruchthaut ein ausgebildetes Gefäfsbündel mit ziemlich deutlich kenntlicher Gefäfsbündelscheide *gs*. Bei dem kranken Korne geht die wuchernde Fruchthaut direkt in den Mehlkörper *e* über, während bei dem gesunden die eiweifsreiche Kleberschicht (Fig. 14 *k*) zwischen beiden Gewebeformen liegt.

Dies ist im wesentlichen der Befund gewesen, der sich bei Untersuchung der eingesandten Körner ergeben hat. Die Körner erscheinen somit total verbildet, und da die Verbildung sowohl in der Lage des Keimlings als auch in der Ausbildung des Mehlkörpers und namentlich in einer Wucherung der Fruchtschale sich geltend macht, so liegt darin der Beweis, dafs diese Deformation zur Zeit der Anlage des Kornes auf dem Halme sich vollzogen haben mufs. Die Befruchtung hat noch normal stattgefunden, da der Embryo sowohl Blätter und Vegetationskegel als auch Wurzeln (letztere in erhöhter Anzahl) aufweist. Aber alsbald mufs ein lokaler Reiz auf das Gewebe der Fruchthaut dieselbe zur Zellvermehrung angeregt und dabei die Verschiebung des Embryo von der Seite nach der Mitte des Endosperms veranlafst haben. Dieser Reiz ist während der ganzen Ausbildung des Kornes tätig gewesen und hat die Neigung zur vegetativen Tätigkeit derart gesteigert, dafs bereits der Charakter des Endosperm eine Änderung erfahren, indem sich Gefäfsbündel wie in einer vegetativen Achse aus-

bildeten. Die hauptsächlichste Steigerung der Zellvermehrung erblicken wir in der Spitze des Samenkorns, welche den Charakter einer vegetativen Achse annimmt und durch die Verschlingung der Gefäfsbündel das Bild eines Halmknotens darstellt. Aus diesem Halmknoten sind reichlich Wurzeln hervorgegangen, und es wäre nicht unwahrscheinlich, dafs bei einer gröfseren Durchlüftung der Bodenschichten die Anlage von Blattknospen stattgefunden hätte. Wir würden dann einen ähnlichen Fall wie bei dikotyledonen Gewächsen vor uns gehabt haben, wenn sich bei diesen, wie mehrfach beobachtet worden, vegetative Achsen aus dem Fruchtknoten entwickeln.

Für derartige Vorgänge aber lag die Saat zu tief. Es fehlte der Hilfsapparat zur Hebung des Kornes an die Bodenoberfläche, nämlich die Streckung des ersten Internodiums am Keimling. Infolgedessen erfolgte bakteriose Verjauchung bei Sauerstoffmangel, die sich durch den ranzigen Geruch nach Buttersäure anzeigte.

Dieser Verlauf ist der Grund, weswegen der vorliegende Fall an dieser Stelle erwähnt wird. Wäre es möglich gewesen, den Pilz, der sicher als die Ursache des Reizes zur vegetativen Verbildung angesehen werden darf, näher zu bestimmen, dürfte der Fall besser bei den parasitären Krankheiten untergebracht worden sein. Die Unmöglichkeit aber, das ursprüngliche Pilzmycel an den von Bakterien und Schimmelpilzen durchsetzten Fruchtknoten weiter zur Entwicklung zu bringen, läfst nur Vermutungen über die Natur des Parasiten zu. Nur das eine ist sicher, dafs das den Reiz ausübende Mycel nicht zu den Schwärzepilzen (*Cladosporium* usw.) gehörte. Nach Brefeld's neuen Untersuchungen über das Eindringen der Brandkeime in die Blüten des Getreides liegt jetzt die Vermutung am nächsten, dafs die noch während der Blüte eingewanderten Brandsporen bald nach der Befruchtung des Kornes gekeimt und durch das langsame Vordringen ihres Mycels den Reiz auf die Fruchthaut ausgeübt haben.

3. Grofse horizontale Differenzen.

Die individuelle Entwicklung innerhalb derselben Pflanzenspezies wird ebenso wie durch die vertikalen Erhebungen des Standorts auch durch die horizontalen Verschiebungen ihrer Kulturstätten von Nord nach Süd oder Ost nach West beeinflufst. De Candolle[1]) stellte den Satz auf, dafs unter annähernd gleichen Breitengraden und Höhen die Temperatursummen über 0° im Schatten für dieselbe Entwicklungsphase (Blütezeit, Laubfall usw.) in den westlichen Gegenden Europas höher sind als in den östlichen. Die Beobachtungen zeigen, dafs innerhalb des europäischen Klimacharakters die Dauer der Vegetationsperiode nach Nordosten hin ab-, nach Südwesten zunimmt. Westeuropa läfst wegen der vielen Gebirgszüge und plateauartigen Unterbrechungen die Erscheinung weniger deutlich zum Ausdruck kommen wie die grofsen ebenen Landflächen Rufslands, über welche eine sehr bemerkenswerte Arbeit von Kowalewski[2]) berichtet. Dieselbe stützt sich auf Angaben von 2200 in allen Gegenden des europäischen Rufslands

[1]) Sur la méthode de sommes de température appliquée aux phénomènes de végétation. Separatabzug der Bibliothèque universelle de Genève, 1875

[2]) W. Kowalewski, Über die Dauer der Vegetationsperiode der Kulturpflanzen in ihrer Abhängigkeit von der geographischen Breite und Länge. Arb. d. St. Petersburger Naturforscherges., XV, 1884 (russisch), cit. Bot. Centralbl., 1884, Nr. 51, S. 367.

zerstreut wohnenden Landwirten, welche den Zeitpunkt der Saat und Ernte ihres Getreides gemeldet haben. Da die Kultur sich den klimatischen Verhältnissen anpassen mufs, so geben die üblichen Saat- und Erntezeiten ein Bild der vorhandenen Vegetationsbedingungen.

Es findet nun die Aussaat des Winterroggens im südlichen Teile des Cherson'schen Gouvernements am 15. September statt[1]), um Archangelsk dagegen schon am 1. August. Die Streifen der gleichzeitigen mittleren Aussaat von Winterroggen verlaufen nicht parallel den Breitengraden, sondern von NW nach SO gesenkt, laufen also fast in derselben Richtung wie die Isochimenen. Die Differenz der Erntezeiten von Winterroggen im hohen Norden (Archangelsk) und im Süden (Cherson) erstreckt sich, wie die Saatzeit, auf anderthalb Monat. Die Dauer der Saatperiode von Sommergetreide ist im hohen Norden um drei- bis viermal kürzer als an den Südgrenzen; an der westlichen Grenze ist dieselbe zwei- bis zweieinhalbmal länger als im Osten. Die Ernteperiode ist im Norden ebenfalls dreimal kürzer als im Süden, im Westen anderthalb- bis zweimal so lang als im Osten. Die Streifen gleichzeitiger Reife des Sommergetreides sind von SW nach NO gerichtet, stimmen also in ihrer Richtung mit den Isotheren überein.

Die Dauer der Vegetationsperiode beträgt im Süden und Südwesten Rufslands nur 85 bis 110 Tage bei Roggen, Buchweizen, Lein und Gerste, dagegen bereits 110 bis 125 Tage bei Sommerweizen, Hirse, Hafer und Erbse; die längste Vegetationsperiode (150 bis 165 Tage) besitzen Zuckerrübe, Mais und Kartoffeln. Somit übersteigt im Süden die längste Vegetationsperiode die kürzeste fast um das Doppelte. Dagegen sind im Norden die betreffenden Perioden nicht nur überhaupt kürzer, sondern auch stärker zusammengedrängt. Im hohen Norden und Nordosten übersteigt die Differenz zwischen der längsten und der kürzesten Vegetationsperiode nicht 10 bis 20 Tage.

Bei derselben Kulturpflanze innerhalb des europäischen Rufslands nimmt die Schnelligkeit der Entwicklung durchschnittlich mit der Breite zu. So besitzt beispielsweise der Hafer im Gouvernement Cherson (Süden) eine Vegetationsperiode von 123 Tagen, Weizen und Gerste eine solche von 110 Tagen; im Norden dagegen vermindert sich die Vegetationsdauer des Hafers auf 98 (Archangelsk), des Weizens auf 88, der Gerste auf 98 Tage. Innerhalb derselben geographischen Breite findet man im Westen eine längere Vegetationsdauer als im Osten.

Die Ursachen der Verkürzung der Vegetationsperioden können also nicht in der Wärmesumme liegen, welche die Pflanzen unter dem entsprechenden Breitengrade empfangen; denn sonst müfsten die Pflanzen eben im Süden bedeutend schneller ihre Entwicklung durchlaufen als im Norden, zumal sich die südliche Schwarzerde viel stärker erwärmt als der schwerere, oft tonige und feuchte Boden des Nordens. Aufserdem drängt auch der im Süden vorhandene Mangel an Feuchtigkeit noch schneller zum Abschlufs der Vegetation. Es mufs also ein anderer Faktor mafsgebend sein, und diesen erblickt KOWALEWSKI in der Insolationsdauer. Er nimmt nun als mittlere Aussaatzeit des Hafers den 5. Mai, als mittlere Erntezeit desselben den 20. August an und findet somit für die 98 tägige Vegetationsperiode in Archangelsk eine Insolationsdauer von 2000 Stunden; rechnet man noch die Periode der hellen Nächte dazu, so steigt diese Gröfse bis auf 2240 Stunden. In Cherson wird

[1]) Alle Daten nach dem in Rufsland üblichen alten Stil.

der Hafer am 20. März gesät und am 20. Juli geerntet. In dieser 123tägigen Vegetationsepoche finden sich aber nur 1850 Insolationsstunden. Aufserdem, sagt KOWALEWSKI, mufs bemerkt werden, dafs die Kultursorten des Nordens an kleinere Wärmemengen angepafst sind und daher, in den Süden übertragen, verhältnismäfsig früher reifen.

Dieses Resultat stimmt mit demjenigen, später zu erwähnenden überein, das SCHÜBELER (Die Pflanzenwelt Norwegens) gefunden. Auch von Canada sollen ähnliche Beobachtungen vorliegen.

Zur ferneren Erklärung der Veränderung der Vegetationsdauer zieht KOWALEWSKI die gröfsere Intensität der Beleuchtung, die geringere Wolkenmenge und gröfsere Feuchtigkeit der Atmosphäre herbei und glaubt, gestützt auf FAMINTZIN's Untersuchungen, dafs im Süden z. B. das Lichtoptimum der Assimilation überschritten wird und daher hemmend wirkt. Dies entspräche dem bei den vertikalen Erhebungen erwähnten Vergilben schattenliebender Pflanzen der Ebene bei dem Anbau im Hochgebirge. Indes braucht man nicht auf eine hemmende Wirkung des südlichen Lichtüberschusses zurückzugreifen, wenn man die WIESNER'schen Anschauungen acceptiert. Zur Erklärung der Lichtverwertung seitens der Pflanzen im hohen Norden betont WIESNER[1]) nach seinen Untersuchungen, dafs im hochnordischen Gebiete (Tromsö) bei gleicher Sonnenhöhe und gleicher Himmelsbedeckung die chemische Intensität des gesamten Tageslichtes gröfser als in Wien und Kairo, dagegen kleiner als in Buitenzorg auf Java sich erweist. Das Lichtklima des hochnordischen Gebietes ist durch eine relativ grofse Gleichmäfsigkeit der Lichtstärke ausgezeichnet, welche in keinem andern Vegetationsgebiete erreicht wird. Die Pflanzen der arktischen Vegetationsgrenze erhalten die gröfste Menge des Gesamtlichtes. Hier fällt bei der niedrigen Wuchsform jede Selbstbeschattung durch das eigne Laub fort, und selbst die Holzgewächse in benachbarten südlicheren Gebieten zeigen nur eine minimale schattengebende Verzweigung.

Über das Verhalten der Pflanzen bei künstlicher horizontaler Verschiebung durch die Kultur liegen schon frühere Anbauversuche mit Getreide nordischer Abstammung vor[2]), über welche WITTMACK referiert hat. Derselbe kam zu folgenden Schlüssen: Pflanzen aus dem Norden entwickeln sich in Mitteleuropa zwar etwas langsamer, holen aber später die einheimischen ein oder eilen ihnen sogar voraus. Man sieht also, dafs die im Norden angewöhnte kurze Vegetationsdauer manchmal durch die erhöhte Wärme des südlicheren Standortes noch mehr abgekürzt wird, vorausgesetzt, dafs man es auch mit trocknem Klima zu tun hat. Das feuchte Klima Englands mit den niedrigen Maximaltemperaturen verzögert die Reife. Der F e u c h t i g k e i t s g e h a l t d e r L u f t ist sehr mafsgebend und kann überall Verzögerung der Reife veranlassen; ebenso wie umgekehrt Gegenden mit grofsen Trockenperioden, Steppenklima und ähnlichen, von den Breitengraden nicht abhängigen Verhältnissen abgegrenzte Herde mit frühzeitig reifenden Pflanzenformen bilden können. Allzu grofse Trockenheit verzögert allerdings die Entwicklung, wie dies experimentell festgestellt worden ist. Wir verweisen betreffs der Bodentrockenheit auf die Versuche von STAHL-

[1]) WIESNER, J., Beiträge zur Kenntnis des photo-chemischen Klimas im arktischen Gebiete. Sitz. Akad. d. Wiss., Wien CVII, cit. Bot. Jahresb. 1898, I, S. 586.

[2]) Über vergleichende Kulturen mit nordischem Getreide. Von DREISCH, KÖRNICKE, KRAUS, VILMORIN u. a., ref. von WITTMACK. Landwirthsch. Jahrb. 1875, S. 479, und 1876, S. 613 ff.

Schröder, die in dem Kapitel „Wasserüberschufs" angeführt werden. Dafs der Zeitpunkt der Einwirkung der Wärme sehr wichtig, ist wohl erklärlich. Wärme im Juli und August ist vorteilhafter als im Mai und Juni; bei dem Regen ist es umgekehrt.

Auf die Bedeutung der physikalischen Bodenbeschaffenheit, nämlich auf die Beschleunigung der Reife durch lockere Böden, wird man auch durch die Wittmack'sche Zusammenstellung hingewiesen, ebenso wie auf den Umstand, dafs im allgemeinen für dieselbe Getreidesorte die Vegetationszeit in östlichen Gegenden kürzer als in den westlichen ist.

Gestützt auf die Erfahrungen, dafs die Kultursorten nördlicher Klimate ihre kürzere Vegetationsdauer in der nächsten Entwicklungsperiode beibehalten, hat sich ein schwungvoller Handel mit nordischem Saatgut ausgebildet. Indes ist nicht zu vergessen, dafs man dabei die Quantität der Ernte im Auge behalten mufs. Dieselbe hängt, reichliche Nährstoffzufuhr gleichmäfsig vorausgesetzt, doch stets von der Dauer der vegetativen Periode, also der Bestockungszeit ab. Je länger das Getreide Zeit hat, vegetative Organe anzulegen (und dies geschieht innerhalb einer feuchten, kühlen Jahreszeit), desto reichlicher erfolgt die Bestockung und damit die Ausbildung einer gröfseren Anzahl von Ähren aus dem einzelnen Samenkorn.

Wenn man sich verleiten läfst, im Westen entstandene, langlebige, durch Produktionsreichtum ausgezeichnete Sorten nach dem Osten zu übertragen, läuft man Gefahr, dafs dieselben im Osten den Frösten erliegen. Das schlagendste Beispiel finden wir bei den englischen Weizensorten aus der Gruppe des Squarehead, die immer unsicherer nach Osten hin werden, weil sie auswintern. Betreffs der Frostwiderstandsfähigkeit liegen Erfahrungen vor, dafs die Samen nordischer Gegenden in südlichen Breiten Pflanzen ergeben, welche nicht nur bisweilen, trotz anfänglicher Verlangsamung der Entwicklung, früher reifen, sondern auch den Frösten besser widerstehen.

Aus den Ergebnissen langjähriger Beobachtungen Schübeler's [1]) ist hervorzuheben, dafs die durch eine kurze Vegetationszeit in nordischen oder alpinen Klimaten zur Gewohnheit gewordene Schnellwüchsigkeit nach vier- bis fünfjährigem Anbau in niederen Breiten wieder verloren geht. Umgekehrt gewöhnen sich langlebige Sorten in einigen Jahren eine kurze Vegetationszeit an. Gelber Hühnermais von Hohenheim z. B., der im Jahre 1852 zu Christiania in 120 Tagen reifte, verkürzte bei wiederholter Aussaat seine Vegetationszeit bis 1857 um 30 Tage. In Christiania beträgt die Entwicklungszeit der Gerste 90 Tage; das aus Alten (70°) stammende Saatgut brauchte nur 55 Tage (s. Kowalewski).

Von den durch die nördliche Lage verursachten stofflichen Eigentümlichkeiten, welche vielfach mit den Änderungen der Pflanzen bei dem Aufsteigen auf das Hochgebirge übereinstimmen, ist besonders wichtig, dafs der Zuckergehalt der Früchte nach Norden hin ab-, das Aroma dagegen zunimmt. Bonnier und Flahault behaupten auch, dafs nicht nur die Gröfse, sondern auch die grüne Farbe der Blätter an Dunkelheit im Norden zunimmt [2]). Eine Zusammenstellung [3]), welche

---

[1]) Schübeler, Die Pflanzenwelt Norwegens, 1873, S. 77 u. ff.

[2]) Bonnier et Flahault, Observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu. Annal. d. sc. nat. Botanique, t. VII, Paris 1879, p. 93.

[3]) The effects of Uninterrupted Sunlight on Plants. Gard. Chron., 1880, I. S. 272.

SCHÜBELER'sche Versuche behandelt, führt folgende specielle Beispiele an. Bei Weizen, dessen Samen aus Ohio und Bessarabien bezogen war, stellte sich eine jährlich zunehmende dunkle Färbung der Körner ein, bis diese die gelbbraune Farbe des einheimischen norwegischen Winterweizens erhalten hatten. Ähnliche Resultate waren mit Mais, Bohnen, Erbsen, Sellerie u. a. erlangt worden. Sellerie, der vom Kaukasus bis Vorderindien, in Afrika (Ägypten, Habesch, Algier) wächst und in Europa vom Mittelmeer bis zur Ostsee zu finden ist, geht jetzt in Finnland bis 69°; dort bilden sich aber die Wurzelknollen schlecht aus; die Würzhaftigkeit wird jedoch im Norden schärfer[1]). Die bereits erwähnte gröfsere Intensität der Blütenfarben, die parallel der Steigerung dieser Eigenschaft mit zunehmender Erhebung über den Meeresspiegel sich zeigt, erschien bei den meisten Gartenblumen auch bei dem Fortschreiten nach Norden. Betreffs der Bildung aromatischer Stoffe ist als Beispiel aufser Sellerie noch der Wacholder anzuführen, der in Norwegen viel reicher an Öl als in Centraleuropa ist; auch Zwiebel und Knoblauch sind in Norwegen ungemein scharf. Die Erdbeeren sind sauer, aber aromatisch, während diese Früchte nach GÖTZE in Coimbra ausgezeichnet süfs, aber fast ohne jedes Aroma sind. Die Pflaumen bleiben oft so sauer, dafs sie den aus südlicheren Gegenden stammenden Früchten gegenüber als unreif anzusehen sind. Bei dem Wein läfst sich eine ähnliche Beobachtung machen: Man vergleiche den süfsen portugiesischen Wein mit dem weniger süfsen, aber blumereichen Rheinwein.

Bei Betrachtung der horizontalen Differenzen, die sich in der Abnahme der Regenmenge, in der Zunahme der Klarheit der Luft, von Westen nach Osten, in den Beleuchtungsverhältnissen zwischen südlichen und nördlichen Gegenden usw. äufsern, dürfen wir einen Umstand nicht vergessen, auf welchen DE CANDOLLE[2]) bereits aufmerksam gemacht hat. Derselbe ist zwar experimentell noch nicht genügend gefestigt, findet aber in der praktischen Erfahrung seine vielfache Bestätigung. Es ist nämlich die gröfsere, vollkommnere Winterruhe der Pflanzen. Nach IHNE[3]) tritt die Belaubung der in Mitteleuropa und Coimbra normal gedeihenden Bäume in Coimbra etwa einen Monat früher und deren Laubverfärbung ungefähr anderthalb Wochen später ein als bei uns. Somit ist die Winterruhe dort etwa sechs Wochen kürzer. Die Dauer und Vollkommenheit der Winterruhe mufs aber für die Schnelligkeit der nachherigen Entwicklung einflufsreich werden. Man kann wohl annehmen, dafs bei Andauer einer Temperatur, welche die Funktionen nicht sämtlich zum Stillstand bringt, sich eine Anzahl vegetativer Prozesse mit langsamem, aber stetigem Stoffverbrauch (Oxydationsprozesse) vollzieht, ohne dafs die Pflanze Ersatz durch neu assimiliertes Material erhält. Aufserdem scheint es, dafs manche Enzyme, welche die Energie des Stoffwechsels bedingen, erst während einer vollkommnen Winterruhe in der nötigen Menge zur Entwicklung gelangen oder vorbereitet werden. Tritt keine vollkommne Ruhe ein, so dürfte dies namentlich bei zwei- und mehrjährigen Stauden und den Knospen der Zweige an Holzgewächsen fühlbar werden: dieselben werden früher treiben,

---

[1]) HANSEN, C., Der Sellerie. Gartenflora, 1902, S. 18.

[2]) A. DE CANDOLLE, Sur la méthode des sommes de température appliquée aux phénomènes de la végétation. Archiv. des sc. physiques etc. Nouv. sér. LIII. LIV. Genf 1875, cit. Bot. Jahresber., 1875. S. 585.

[3]) IHNE, Phänologische Mitteilungen. Cit. Bot. Jahresb., 1898, II, S. 409.

aber schwächere Organe produzieren (kleinere Blätter, gröfsere Anzahl unfruchtbarer Blumen).

Des zunehmenden Gewichtes der Samen in den nördlichen Breiten ist im vorhergehenden schon gedacht worden; es liegen aber auch Untersuchungen von PETERMANN[1]) vor, welche eine hohe Keimkraft schwedischer Samen von Kleearten, Lieschgras (*Phleum pratense* L.), von Fichte und Kiefer gegenüber deutschen, französischen und belgischen Samen beweisen. Die in der Tat durchschnittlich ein gröfseres Gewicht besitzenden schwedischen Samen betätigen ihre gröfsere Keimkraft nicht nur durch die Zahl der keimfähigen Körner, sondern auch durch die Energie, mit welcher die Keimung von statten geht. Diese Ergebnisse lassen sich recht gut durch eine gröfsere Entwicklungsenergie der Pflanze infolge vollkommnerer Winterruhe erklären.

Die Beobachtungen haben ihre sehr beachtenswerte praktische Seite insofern, als sie klärend auf die Kulturmethode des Samenwechsels wirken. Es wird nicht genügend sein, überhaupt nur Saatgut aus anderen Gegenden einzuführen, sondern es wird notwendig erscheinen, vor allen Dingen sich zu fragen, welche Eigenschaften man an der Kulturpflanze zu verbessern wünscht, und in welchen Klimaten diese gesuchten Eigenschaften zu höherer Ausbildung gelangen. Von dorther bezogen, wird das Saatgut dann den gewünschten Erfolg zeigen.

Die Kulturerfolge, welche durch Benutzung von Pflanzen anderer Klimate erlangt werden, halten aber, wie erwähnt, in der Regel nur für sehr wenige Vegetationsperioden vor. Manchmal tritt der Einflufs des jetzigen Standortes schon in der zweiten Vegetationsepoche auf und stempelt die Pflanzen der fremden Klimate schnell wieder zu einheimischen Produkten. Obstbäume, aus Angers bezogen, trieben und blühten auf Malorka schon zu Ende der Monats Februar, während die einheimischen erst einen Monat später blühten[2]). Eine zwei Jahre später wiederum aus Angers eingetroffene Sendung zeigte dieselbe Erscheinung. Die Obstbäume der ersten Sendung blühten jetzt aber bereits später, nämlich gleichzeitig mit den einheimischen. Selten vollzieht sich der Übergang von dem bisher erblichen zu einem neuen, klimatisch bedingten Entwicklungsmodus so schnell, als er sich bei der Rückkehr verliert; doch haben wir bei unseren Gemüsen auch Beispiele schneller Änderung der bisherigen Eigenschaften. Im Tropenklima behalten dieselben nur im ersten Jahre annähernd ihren Charakter; aber schon im zweiten Jahre geben die Samen dieser eingeführten Pflanzen gestreckte, verholzende Exemplare[3]). Das sind eben unsere ins Variieren gekommenen Kulturformen. Von schnellen Änderungen wildwachsender Species ist nichts bemerklich, wie die HOFFMANN'schen Versuche mit Parallelsaaten gewisser Formen von *Phaseolus* und *Triticum* in Giefsen, Genua, Montpellier, Portici und Palermo[4]) gezeigt haben. Dagegen erwähnt HOFFMANN langsame, im Laufe vieler Generationen erst zustande gekommene Änderungen; so wird *Ricinus communis* in den Tropen baumartig und perennierend; ebenso wird *Reseda odorata* in Neu-Seeland mehr oder

---

[1]) PETERMANN, Recherches sur les graines originaires des hautes latitudes. Extrait du t. XXVIII. des Mémoires couronnés et autres Mémoires publiés par l'Acad. royale de Belgique, Bruxelles 1877.

[2]) Gartenzeitung von WITTMACK, 1882, S. 374.

[3]) Deutsche Gärtnerzeitung, 1883, Nr. 17.

[4]) H. HOFFMANN, Rückblick auf meine Variationsversuche von 1855 bis 1880. Bot. Z., 1881, S. 430.

weniger ausdauernd und anderseits *Bellis perennis* in Petersburg einjährig.

Zu den langsam sich vollziehenden Änderungen im Wachtumsmodus gehört die Ausbildung der Jahresringe bei unseren Bäumen. Allerdings schwankt die Verteilung zwischen gefäfsreichem Frühlingsholz und gefäfsarmem Sommerholz innerhalb desselben Breitengrades in jedem Jahre je nach Zahl und Verteilung der Niederschläge; aber bei der durch die horizontalen Differenzen der Lage gegebenen Veränderung der Durchschnittswitterung werden derartige Verschiedenheiten konstant, und es bilden sich dadurch ökologische Varietäten. Auf solche anatomischen Unterschiede in der Entwicklung derselben Spezies in südlicher und nördlicherer Lage geht BONNIER[1]) ein. Er verglich Exemplare der Linde, Rotbuche, Akazie u. a. aus der Gegend von Toulon (mit 260 tägiger Vegetationszeit) mit solchen bei Fontainebleau (Vegetationszeit 178 Tage) und fand, dafs das Frühjahrsholz im Süden besser entwickelt und reicher an vielfach weiteren Gefäfsen ist. Hier kommt allerdings der Reichtum an Frühjahrsniederschlägen im Mittelmeergebiet in Betracht. Das Sommerholz des Südens dagegen ist reicher an Libriformfasern und besteht oft nur aus solchen, während bei Fontainebleau sich auch im Sommer noch zahlreiche Gefäfse bilden. Die Blätter der Toulon-Pflanzen erwiesen sich um 1/3 oder 1/2 mal dicker und mit mehr Schichten von (längerem) Palisadenparenchym versehen gegenüber den nördlicher erwachsenen Pflanzen. Die Spaltöffnungen sind zahlreicher, das Sclerenchym kräftiger und die Cuticula verstärkt. Die Toulon-Pflanzen repräsentieren den Charakter der Mediterranflora im allgemeinen.

Der gröfseren Intensität der Blütenfarben bei dem Aufsteigen der Pflanzen von der Ebene nach dem Gebirge und dem Übergang aus niederen Breiten in die nordischen Regionen ist bereits gedacht worden. Neuerdings ist auch die Aufmerksamkeit auf die sich ändernde Färbung der Laubblätter in erhöhtem Mafse hingelenkt worden und hat eine eigenartige Deutung als Schutzvorrichtung erfahren. Sehr ausführlich behandelt MAC MILLAN[2]) diese Verhältnisse. Er spricht von „wärmenden Farben“ (warming-up colours) und meint dabei besonders die rote Farbstoffreihe, die in kälteren Regionen reichlicher vertreten sei. Alpine und Polarpflanzen sind häufiger mit blauen oder violetten Blumen als mit gelben zu finden, die Zweigenden oftmals gerötet. Durch den roten Farbstoff werde die Temperatur etwas erhöht und der Einflufs der Kälte dadurch etwas abgeschwächt. Wenn man von zwei übereinstimmenden Thermometern die Kugel des einen mit einem grünen, die des anderen mit einem purpurfarbigen Blatt umbindet, so macht sich nach kurzer Zeit bei Sonnenbeleuchtung am purpurfarbigen Blatt eine Temperaturerhöhung von 6 bis 10° geltend. Ebenso fand er, dafs ein Thermometer, in ein Bund Veilchen gesteckt, höhere Temperatur anzeigt als in einem Bunde Schlüsselblumen, nachdem beide einige Zeit in der Sonne gelegen.

Die herbstliche Färbung könne als eine entschiedene Reaktion der Pflanze auf die erniedrigte Temperatur aufgefafst werden. Durch den roten Farbstoff bilde die Pflanze sich eine Wärmequelle.

---

[1]) BONNIER, Cultures expérimentales dans la région méditerranéenne etc. Cit. Bot. Jahresb. 1902, II, S. 299.

[2]) CONWAY MAC MILLAN, Minnesota Plant Life. Saint Paul, Minnesota, 1899, S. 417.

Darum sind so viele Frühlingsblumen rot und violett und Herbstblumen blau oder rot.

In den warmen Klimaten nehmen die Gewächse oft Eigenschaften an, welche das direkte Gegenteil von denen der Polar- oder Gebirgspflanzen sind. In den Tropenpflanzen sind die Reservestoffbehälter weniger stark entwickelt als in verwandten Arten kälterer Gegenden. Die Knospen sind weniger geschützt, filzige Überzüge auf Blättern und Zweigen (mit Ausnahme der Wüstenpflanzen) seltener. Viele winterliche Gewohnheiten fallen fort: es gibt weniger zweijährige Pflanzen. Die wärmenden Farben treten mehr zurück, indem weifse, gelbe und gefleckte Blumen (Orchideen) vorherrschen.

Die Natur bilde den roten Farbstoff aus, um das überschüssige Licht nicht verloren gehen zu lassen und es in Wärme umzusetzen und es als wachstumfördernde Kraft auszunutzen.

Wir können uns mit dieser Theorie vorausbedachter Nützlichkeit des roten Farbstoffs als eines wärmeerzeugenden und lichtabschwächenden Apparates nicht befreunden, wenn wir auch gern gelten lassen wollen, dafs, w e n n der rote Farbstoff einmal erzeugt worden ist, er in der angegebenen Weise wirksam sein wird. Dafs die Pflanze ihn zum Schutze gegen Kälte erzeugt, wenn die Temperaturen niedrig werden, ist schon darum nicht glaubhaft, weil man es in der Hand hat, eine Rötung der Blätter bei den heifsesten Sommertemperaturen hervorzurufen. Bei den gerbstoffreichen Rosifloren (z. B. bei *Crataegus*) habe ich die rote Herbstfärbung der Zweige mitten im Sommer durch Ringelung derselben binnen wenigen Wochen zu erzeugen vermocht. Und der Umstand, dafs im Sommer innerhalb weniger Tage die Unterseite vieler Blätter sich rot färbt, sobald man sie nach oben kehrt, ist allgemein bekannt. Fernere Beispiele liefern die Parasiten. An demselben Kirschbaum z. B. werden die Blätter der von *Exoascus Cerasi* befallenen Äste leuchtend rot, während die gesunden grün bleiben. Bei vielen Fleckenkrankheiten erscheinen die kreisrunden Pilzherde rot umsäumt. Amaryllideen, deren Blätter im Sommer absterben (*Hippeastrum* u. a.), bekommen carminrote Flecke und Streifen.

Somit glauben wir, dafs der rote Farbstoff als eine notwendige, an eine relativ überreiche Lichtzufuhr gebundene Reaktion der Zelle auf den Einflufs verschiedener Faktoren anzusehen ist. Einer dieser Faktoren kann auch die Temperaturerniedrigung sein, die sich bei horizontalen oder vertikalen Verschiebungen des Standorts einstellen wird.

Blicken wir auf die vielfachen Veränderungen zurück, welche die Pflanzen im gestaltlichen und stofflichen Aufbau durch die horizontalen Verschiebungen ihres Standorts erfahren, so werden wir uns der Überzeugung nicht verschliefsen können, dafs in d i e s e n V e r s c h i e b u n g e n n i c h t s e l t e n d e r G r u n d f ü r e i n e D i s p o s i t i o n z u r l e i c h t e r e n E r k r a n k u n g o d e r a n d e r s e i t s z u g r ö f s e r e r I m m u n i t ä t z u s u c h e n s e i n w i r d.

Wir haben bereits auf die gröfsere Frostempfindlichkeit westlicher Squarehead-Weizen in östlichen Gegenden hingewiesen und erinnern jetzt daran, dafs auch parasitäre Erkrankungen von dem im Saatgut erblich mitgebrachten verschiedenen Entwicklungsmodus der Wirtspflanzen abhängig sein können. Man denke beispielsweise an die Tatsache, dafs manche parasitäre Pilze zu bestimmten Jahreszeiten auftreten oder sich doch besonders reichlich verbreiten. Falls solche Pilze nur den jungen Blättern gefährlich werden, wird für eine epidemische

Ausbreitung es ausschlaggebend sein, ob zur Zeit der reichsten Sporenausstreuung viel junge Blätter vorhanden sind. Dieser Umstand hängt aber davon ab, wie schnell eine Pflanze in einem bestimmten Klima ihren Entwicklungscyklus durchläuft.

Hat sie eine langsame Entwicklung, so ist die Periode, in der sie junge Blätter darbietet, eine langdauernde und damit die Gefahr der Pilzinfektion eine sehr nahegerückte. Reift eine (z. B. aus nördlicheren oder östlichen Gegenden eingeführte) Varietät schnell, dann kann zur Zeit der hauptsächlichsten Sporenverbreitung der ganze Blattapparat schon ausgereift und damit widerstandsfähig gegen viele Parasiten sein.

Solche Umstände verdienen gröfsere Beachtung, als ihnen bisher zu teil geworden. Sie werden auch bei der Erklärung der „Biologischen Rassen“ einzelner Parasiten in Erwägung gezogen werden müssen; denn es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, dafs manchmal Infektionen nächstverwandter Wirtsspezies nur darum nicht gelingen, weil eine Nährpflanze sich zur Infektionszeit schon in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium befindet, bei welchem der Blattapparat abgereifter, d. h. derbwandiger und inhaltsärmer ist. Dafs die Pilzinfektion an ein bestimmtes Entwicklungsstadium der Nährpflanze gebunden, zeigt sich beispielsweise bei den Rostpilzen des Getreides. Eriksson[1]) erwähnt, dafs bei frühreifen Sorten auch der Rost früher auftrete, und die neuen Beobachtungen liefern Beispiele, wie die Puccinia-Arten des Getreides ihre bestimmte Zeit des Auftretens haben. So zeigte sich[2]) im Jahre 1904, dafs hauptsächlich und zuerst *Puccinia glumarum* bei Weizen aufgetreten ist; darauf folgte *P. dispersa*, die sich aber nur noch derjenigen Organe und Sorten bemächtigte, welche noch nicht abgereift waren. Daher sah man späte, langsam reifende Weizensorten reichlichst mit *P. dispersa* und spärlich mit *P. glumarum*, die frühreifenden Varietäten aber in entgegengesetzter Weise besiedelt. Bei Lagergetreide fand sich *Pucc. graminis*.

Als ein Produkt klimatischer Einflüsse anzusehen sind

Glasige Getreidekörner.

Glasig nennt man diejenigen Getreidekörner, deren Endosperm hart, fast durchscheinend und im Querschnitt grau oder rötlich gefärbt ist, während bei den gewöhnlichen mehligen Körnern das Endosperm weich, weifs, porös und leichter zerreiblich erscheint.

Das Glasigwerden der Körner pflegt häufiger im Norden und Osten Europas als in den westlicheren Teilen aufzutreten, was auf einen Einflufs der Lufttrockenheit bei hoher Lichtintensität hinweist. In den feuchteren westlichen Regionen erlangen die vegetativen Organe ein gröfseres Übergewicht. So gibt beispielsweise Liebenberg[3]) an, dafs die sonst ausgezeichnete nordische Gerste zwei Nachteile besitze, nämlich einen zu grofsen Prozentsatz glasiger Körner und eine zu dunkle Färbung, die vom Beregnen des erntereifen Getreides herrühre. Diese Regengüsse zur Erntezeit beeinflussen natürlich nicht mehr die

---

[1]) Eriksson, J., Sur l'origine et la propagation de la rouille des céréales par la semence. Ann. scienc. nat. Bot. VIII sér., tom. XIV und XV. Paris 1902.

[2]) Jahresb. d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz. Deutsche Landw. Ges. 1905. Getreiderost.

[3]) v. Liebenberg, Bericht über die allgemeine nordische Samenausstellung usw., 1882, cit. Bot. Centralbl., 1882, Nr. 43, S. 115.

Kornausbildung, welche in eine meist trockne Periode langer Tage fällt. Bei der langen Lichtwirkung werden auch die Roggensorten intensiv gefärbt. Derselbe Autor berichtet, dafs bei der Getreideausstellung in Schweden die Haferproben durchschnittlich nur 22,66 bis 32,04 % Spelzengewicht besafsen, während dasselbe bei österreichischen und französischen zwischen 25,23 % und 38,37 % schwankte. Im allgemeinen kann die Ansicht von Haberlandt[1]) als gültig anerkannt werden; derselbe spricht aus, dafs ein kontinentales Klima glasige Körner erzeuge, dafs dagegen kühle, feuchte Sommer oder künstlicher Nährstoff- und Wasserreichtum mehlige, spezifisch leichtere und stickstoffärmere Getreidekörner produzieren.

Der glasige Zustand des Getreidekornes besteht nach den von Grönlund[2]) an mehliger und glasiger Gerste angestellten Untersuchungen darin, dafs die stärkehaltigen Zellen des Sameneiweifses bei dem mehligen Korne die Zwischenräume zwischen den einzelnen Stärkekörnchen mit Zellsaft erfüllt zeigen, während die glasigen Körner diese Zwischenräume mit Protoplasma ausgefüllt besitzen. Die Arbeit von Johannsen (Allg. Brauer- und Hopfenzeitung, 1884, Nr. 78 und 79) nimmt einen gröfseren Luftgehalt in der ganzen Masse des Kornes und nicht blofs zwischen den Wänden bei den mehligen Körnern an. Bei der Keimung wird das glasige Korn zu einem mehligen. Nach Grönlund, der übrigens keine Beziehung zwischen Witterung und Entstehung des glasigen Zustandes anerkennt, keimen glasige Körner leichter und besser und geben kräftigere Pflanzen. Obgleich der Verfasser auch von stark stickstoffhaltigem Boden glasige Körner als unbestreitbar annimmt, so glaubt er doch, dafs magerer, sandiger, schlecht kultivierter Boden diese eigentümliche Bildung viel sicherer erzeugt. Bei reiner Kalidüngung sah er ein mehliges Korn entstehen. Übrigens kommen beide Formen in verschiedenen Übergängen in derselben Ähre bisweilen vor. Bei der Entstehung glasiger Körner möchte ich annehmen, dafs im sandigen, schnell trocknenden Boden der Prozefs der Stärkebildung abgekürzt wird, und da Kali das Korn mehlig macht, so möchte ich viel eher glauben, dafs die Leistung des Kali zu früh beschränkt wird, und zwar dadurch, dafs andere Prozesse, nämlich die Reifevorgänge, zu früh und intensiv eintreten. Dies wird bei starker Licht- und Wärmewirkung um so früher geschehen, je weniger Wasser vorhanden ist. Für die Ansicht eines Überwiegens des Reifeprozesses zur Zeit, wo noch Mehlbereitung stattfinden sollte, spricht auch die Mitteilung von Sanio[3]), dafs man in Ostpreufsen das Glasigwerden des Weizens dem Umstande zuschreibt, dafs er überreif auf dem Halme wird. Analytisch gestützt findet sich diese Ansicht durch die Untersuchungsergebnisse von R. Pott[4]), der bei vier glasigen Weizensorten einen durchschnittlich höheren Prozentsatz an Asche fand als bei mehligen Körnern. Die Körner haben durch die schnelle Reife eben ihre Mineralstoffe nicht vollkommen zur Bildung der organischen Substanz ausgenutzt. Man vergleiche auch die hohen Prozentsätze der

---

[1]) Haberlandt, Die Abhängigkeit der Ernten von der Gröfse und Verteilung der Niederschläge. Österr. landw. Wochenbl., 1875, S. 352.

[2]) Nach einer Preisschrift des Verf. cit. im Jahresbericht f. Agrikulturchemie, XXIII (1880), S. 214.

[3]) Botanisches Centralbl., 1880, S. 310.

[4]) Jahresbericht f. Agrikulturchemie, 1870—72, II, S. 5.

Körner an Stickstoff bei Haferpflanzen, die durch Wassermangel oder Wasserüberschuſs verkümmerten (s. Kap. „Wasserüberschuſs").

Man dürfte über die Natur der glasigen Körner sich am leichtesten klar werden, wenn man die Untersuchungen von Petri und von Johannsen[1]) berücksichtigt. Ersterer gab bereits im Jahre 1870 an, daſs glasige Körner durch Aufweichen in Wasser mehlig werden können; letzterer bestätigt diese Beobachtung. Es wurden 200 Kilo Gerste zur Hälfte mit Wasser befeuchtet, bis sie 15 % aufgenommen hatten, darauf getrocknet, ausgebreitet und gewendet, bis wieder das ursprüngliche Gewicht erreicht war. Der Prozentsatz an mehligen Körnern war jetzt 50, während er im ursprünglichen Material nur 19 betrug. Bei Kulturversuchen wurde gefunden, daſs bei früher Aussaat eine stickstoffärmere, mehligere Gerste sich ausbildete, während bei späterer Saat das Ernteprodukt stickstoffreicher ausfiel. Diese Erfahrung weist darauf hin, daſs man im Glasigwerden der Körner nur eine mechanische Verschiedenheit zu erblicken hat, die sich ausbildet, wenn die Zeit der Kornreife durch Wassermangel bei Licht- und Wärmeüberschuſs sehr abgekürzt wird. Ein allmählicher Reifeprozeſs läſst dem Korn längere Zeit zur Ausbildung eines vermehrten Stärkevorrats unter Beibehaltung eines gröſseren Wassergehaltes der Substanz, der später durch Luft teilweise ersetzt wird. Dies bezieht sich namentlich auf das Protoplasma in den Endospermzellen. In diesem liegen die Stärkekörner eingebettet. Bei schnellem Reifen kittet das Plasma sich dicht um die Körner, und das Korn erscheint glasig. Bei langsamerer Reife und gröſserem Wassergehalt baut sich die Zelle lockerer, indem zwischen den Stärkekörnern mehr Zellsaft und später Luft vorhanden ist; und dann ist bei gröſseren, lufterfüllten Intercellularräumen das Korn undurchscheinend und mehlig. Je mehr das Protoplasma überwiegt, desto mehr Neigung zur Glasigkeit, und deshalb sind auch normalerweise, wie z. B. bei dem Maiskorn, die äuſseren Lagen des Samenkorns glasig und die inneren mehlig. Diese Verhältnisse erklären die Beobachtungen von Schindler[2]), daſs im Weizenkorn mehlige und glasige Partien abwechseln können.

Die oben mitgeteilte Erklärung für das Zustandekommen der Glasigkeit erhält eine Bestätigung durch die Versuchsresultate, die von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft erhalten worden sind[3]). Der Bericht teilt mit: Die Glasigkeit der Körner hängt mehr von den Wachstumsbedingungen als der Sorte ab. Glasiger sind die Sorten mit kürzerer Vegetationsdauer, wie Lupitzer, Strube's begrannter und Galizischer Kolben- im Vergleich zu Schlanstedter- und Noe-Weizen. Die Ertragsfähigkeit der Sorten steht im allgemeinen im umgekehrten Verhältnis zur Glasigkeit ihrer Körner.

4. Kontinental- und Seeklima.

Das charakteristische Merkmal der von dem Meere beeinfluſsten Gegenden besteht in den geringeren Schwankungen zwischen Sommer- und Wintertemperaturen, da die Sommer länger und kühler, die Winter

[1]) Johannsen, Bemerkungen über mehlige und glasige Gerste (Ugeskrift for Landsmænd), 1887, cit. Biederm. Centralbl., 1888, S. 551.

[2]) Schindler, Lehre vom Pflanzenbau auf physiologischer Grundlage. Wien 1896.

[3]) Mitteilungen der Saatzuchtstelle über wichtige Sortenversuche. Saatliste vom 6. Dez. 1904. Deutsche Landwirtsch.-Ges.

wärmer sind. Unter dem Einflufs des Atlantischen Ozeans sehen wir das Frühjahr zeitiger eintreten, den Herbst länger währen als in den Gegenden mit Kontinentalklima. Doch ist der Effekt auf die Vegetation trotz des früheren Anfangs nicht der erwartete; denn die Blütezeit der Gehölze ist bei der geringeren Frühjahrswärme höchstens wenige Wochen früher und die Fruchtreife ist kaum früher, ja, verzögert sich sogar manchmal und findet bisweilen gar nicht statt. Man denke an den in England im Freien nicht mehr reifenden Wein. Die Luft ist das ganze Jahr feuchter, und in den Übergangszeiten herrschen oft längerdauernde, starke Nebel.

Es ist schon früher der Ansicht von Haberlandt gedacht worden, wonach Frühreife der Pflanzen sowohl in nördlichen als in südlichen Breiten mit derselben Leichtigkeit eintreten und Veranlassung zur Bildung entsprechender Varietäten werden kann. Es spielen eben hierbei die Feuchtigkeitsverhältnisse mafsgebend mit, und solche kommen nun in grofsen Schwankungen bei dem Kontinentalklima gegenüber einem gleichmäfsig feuchten Küstenklima zum Ausdruck. Die von Haberlandt ausgeführten Anbauversuche[1]) ergaben in dieser Beziehung folgende Erfahrungen. Das aus feuchten Klimaten bezogene Saatgut liefert verhältnismäfsig mehr Stroh, aber weniger Körner; das Getreide ist auch leichter dem Lagern unterworfen. Dagegen kann man bei Saatgut aus trocknen Gegenden mit kurzem Frühjahr und heifsem, trocknem Sommer die Produktion geringerer Stroh-, aber reicherer Körnererträge beobachten, und Pflanzen von solchem Saatgut widerstehen besser der Trockenheit. Bei Samenwechsel ist der Bezug aus Ländern mit kontinentalem Klima vorteilhafter; die dort herrschenden harten Winter beeinflussen das Körnerprodukt in der Weise, dafs die aus demselben entstandenen Pflanzen weniger der Gefahr des Auswinterns ausgesetzt sind als solche, die aus dem feuchteren Westen mit seinem milderen Winter nach Osten verpflanzt werden.

Das Kontinentalklima bringt kleine, aber spezifisch schwere Körner hervor, während ein kühler und feuchter Sommer oder künstliche, reiche Wasser- und Nährstoffzufuhr zwar das Korn vergröfsern, aber den Inhalt gleichsam lockern, indem an Stelle der glasigen Beschaffenheit die mehlige, verbunden mit abnehmendem spezifischem Gewicht und abnehmendem Stickstoffgehalt, auftritt.

Wichtig für den Samenwechsel ist endlich die Beobachtung, dafs Wintergetreide, aus Gegenden über dem 45. Breitengrade stammend, bei uns im Frühjahr angebaut, in demselben Jahre nicht mehr zum Schossen gelangt, dafs dagegen solches, aus niederen Breiten bezogen, bei uns sich wie Sommergetreide verhält.

Bei dem grofsen Interesse, das sich allseitig den Kolonien zuwendet, ist es nötig, die tropischen Verhältnisse näher in Betracht zu ziehen. Hier erlangen die Temperaturdifferenzen auf dem Lande und zwischen Land und See eine erhöhte Bedeutung. So berichtet beispielsweise Fesca[2]) betreffs der starken Erwärmung des Landes bei direkter Bestrahlung gegenüber dem Meer, dafs die Temperatur der tropischen Meere selten mehr als 30° C. beträgt, während das Gestein sich auf 60 bis 70° C. erhitzt. Pechuel-Loesche beobachtete an der Westküste

[1]) Fr. Haberlandt, Über die Akklimatisation und den Samenwechsel. Österr. landw. Wochenbl., 1875, Nr. 1.

[2]) Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. S. 23.

von Afrika in 5° s. Breite zwischen 1. Januar und 4. März nicht weniger als 36 mal eine Bodentemperatur über 75° C. Demgegenüber aber stehen nächtliche Abkühlungen auf 15° C. und weniger. Tagesschwankungen der Bodentemperatur von 30 bis 40° C. werden in den Tropen häufig sein, wogegen die Tagesschwankungen des Meeres höchstens 1° C. betragen dürften.

Infolge der verschiedenen Erwärmung von Land und Meer mufs am Tage bei der intensiven Bestrahlung über Land ein Minimum entstehen, welchem die Luft vom Meere her zuströmt; umgekehrt in der Nacht. Diese See- und Landwinde sind bei den stärkeren Gegensätzen der Erwärmung von Land und Meer in den Tropen und Subtropen bedeutend intensiver und ein Faktor, mit dem zu rechnen ist. Die Luft über dem Meere ist nach Saito[1]) beinahe frei von Schimmelpilz-, Bakterien- und Hefekeimen, während die Luft über dem Lande (untersucht wurde Strafsen- und Gartenluft in Tokyo) namentlich in feuchten und warmen Perioden besonders keimreich ist. Der Seewind wirkt somit luftreinigend. Nach den Polen hin nehmen die Seewinde ab, da das Meer allmählich eine höhere mittlere Wärme annimmt wie das Land und auch die Tagesschwankungen des Bodens geringer werden.

Den periodischen Tageswinden entsprechen durch die starke Erwärmung der grofsen Kontinente aus demselben Grunde die wechselnden Jahreswinde, die Monsune, denen die Vegetation sich anpassen mufs.

Von der Lage zum Meer und der Höhe der Temperatur sind auch die als Regen auftretenden Niederschlagsmengen abhängig und dementsprechend sind diese im warmen Seeklima am stärksten, im Kontinentalklima am geringsten. Den deutschen Nordseeküsten entspricht ungefähr ein Jahresmittel von 9° C. Bei 80% Sättigung würde die Luft 7,26 g Wasserdampf im Kubikmeter enthalten. Wenn sich die Luft auf 4° C. abkühlt, so vermag sie nur noch 6,9 g Wasserdampf pro Kubikmeter zu halten, und es mufs sich also die Differenz als Niederschlag ausscheiden. Wenn eine Tropenluft von 25° C. bei derselben Sättigung (80%) sich befindet, enthält sie 18,48 g Wasserdampf und scheidet bei einer Abkühlung um 5° C. 1,18 g Wasser pro Kubikmeter aus. Diese Niederschlagsmenge beträgt also mehr als das Dreifache von der bei derselben Temperaturerniedrigung betroffenen Luft von 9° C. an den Nordseeküsten. Daraus erklären sich die starken tropischen Regenfälle und namentlich die starke T a u b i l d u n g, die stellenweis als einzige Wasserquelle für eine gewisse Zeit in heifsen Klimaten ausreichen mufs.

So wenig bei Anbauversuchen die Bodenanalysen und die Temperaturmittel einen irgend genügenden Einblick in eine etwaige Nährstoffverwertung seitens der Kulturpflanzen bieten, ebensowenig kann der jährliche Regenfall einen Anhalt über die Feuchtigkeitsverhältnisse einer Gegend geben. Denn es kommt wesentlich auf die Bodenverhältnisse und die Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Monate an. Die Wüste Sahara empfängt (s. Fesca) in einem grofsen Teile ihres Gebietes die gleiche und eine gröfsere Regenmenge, die für Deutschlands Ackerbau als ausreichend gilt (60 cm), ohne dafs dort ein wesentliches Ergebnis erzielt würde. Denn auf einem stark erhitzten Boden verdunstet die gröfste Menge der Feuchtigkeit sofort. Die

[1]) Saito, Untersuchungen über die atmosphärischen Pilzkeime. Journ. College of Science, Tokyo. Vol. XVIII.

erwünschteste Verteilung der Regen in den Tropen ist nicht die gleichmäfsig über das ganze Jahr sich erstreckende, sondern diejenige, die bei uns besteht, nämlich dafs zu Beginn der Vegetationszeit eine Periode reichlicher Niederschläge sich einstellt und dann eine Zeit der Trocken heit folgt. Die in der Regenzeit reichliche Bewölkung trägt zur Her stellung der kühleren Temperatur, die zur Entfaltung der vegetativen Organe besonders günstig ist, wesentlich bei.

Im Seeklima ist die Bewölkung stärker als im Kontinentalklima. In den Gebieten grofser Lufttrockenheit, wie z. B. am Mittelmeerbecken, sind mehrfach im Jahresmittel nur 20 %, in den trockensten Monaten oft nur 10 % des Himmels bewölkt, in den feuchten Tropen nicht selten mehr als 80 %. Da aber die Bewölkung die Bestrahlung und Ausstrahlung vermindert, so mufs in den niederen Breiten eine Erniedrigung, in den höhern Breiten eine Erhöhung der Temperatur stattfinden. Diese Temperaturerniedrigung und Bewölkung sind für manche Kulturen ein Bedürfnis und dürfen nicht aufser acht gelassen werden, und wir glauben beispielsweise mit Zimmermann[1]), dafs manche Erkrankungen in den Kaffeeplantagen, namentlich das übermäfsige Fruchttragen, auf die mangelnde Berücksichtigung des Schattenbedürfnisses zurückzuführen sind. Ebenso möchten wir glauben, dafs die reichlichen Pilzkrankheiten, die seit Beginn der Teekultur im Kaukasus in einem Zeitraum von 15 Jahren aufgetreten[2]), zum Teil in den Abweichungen des kaukasischen Klimas von dem der Heimat des Tees ihren Grund haben.

Dafs sich die Entwicklung des Pflanzenleibes den einzelnen Kombinationen der klimatischen Wachstumsfaktoren anpafst, ist selbstverständlich, und die neuere Biologie berücksichtigt nunmehr auch diese Umstände, wie z. B. die Arbeit von Hansgirg[3]) zeigt, der von stenophyllen Windblättern (wie bei dem Weidentypus), von Leder- und Windblättern (Palmentypus), von xerophilen Lederblättern (*Myrtus*, *Laurus*), von Taublättertypen (Bromeliaceen, Pandaneen), Dickblättern (Crassula- und Mesembryanthemumtypus) usw. spricht. Das am meisten in die Augen springende Beispiel bildet die Strandvegetation mit ihrem Halophytencharakter. Die fleischige und glasige Beschaffenheit der Vegetationsorgane führt Brick[4]) auf die reichlichen Natronsalze zurück, die einen äufserst starken Turgor im Parenchym veranlassen.

Je mehr wir Beweise dafür sammeln, dafs der Organismus sich den klimatischen Faktoren anpafst, desto mehr werden wir von der Fehlerhaftigkeit der Anschauung überzeugt werden, dafs man straflos die klimatischen Sippen, die sich bei jeder Kultursorte bilden, beliebig verschieben könne. Wenn auch die Gesamtsummen der klimatischen Faktoren in zwei räumlich weit entfernten Örtlichkeiten übereinstimmen mögen, so ist damit noch keine Garantie für das gleichgute Gedeihen in der neuen Heimat gegeben, da die Verteilung von

---

[1]) Zimmermann, Sonderberichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. Bd. I, Heft 5. 1903.

[2]) Speschnew, Travaux du jardin bot. de Tiflis VII, 1. Verhandl. d. Internat. landwirtsch. Congresses in Rom 1903.

[3]) Hansgirg, A., Phyllobiologie nebst Übersicht der biologischen Blatttypen usw. Leipzig, Bornträger, 1903.

[4]) Brick, Beiträge zur Biologie und vergleichenden Anatomie der baltischen Strandpflanzen. Cit. Bot. Jahresb. 1888, I, S. 765.

Licht, Wärme und Feuchtigkeit auf die einzelnen Wachstumsperioden sich ganz verschieden erweisen kann. Die zahlreichsten Beweise liefern die Erkrankungen derjenigen Neuholländer- und Kappflanzen, die, einem trocknen Klima angepafst, ihr Leben in unseren sonnenarmen, feuchten Glashäusern zubringen müssen. Stamm- und Wurzelfäule, Zweigsterben durch *Botrytis* usw. schädigen die Kulturen in jedem Winter bedenklich. Das sog. Abstocken der Triebe von *Pimelea*, *Chorizema*, *Pultenaea*, *Correa*, *Boronia*, *Agathosma* und *Borosma*, von *Helichrysum*, *Humea* u. dgl. ist eine Folge der nicht zu überwindenden grofsen Luftfeuchtigkeit in unseren Vegetationshäusern.

5. Einflufs des Waldes.

Der Einflufs der Lage und Bodenbeschaffenheit auf die Vegetation wird lokal modifiziert durch die Bewaldung, und diesem Punkte hat die Pathologie eine erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Der Wald ähnelt in seinem Einflufs gröfseren Wasserflächen; denn da die organische Substanz eine höhere specifische Wärme als die Mineralsubstanz besitzt, wird der bewachsene Boden bei gleicher Besonnung sich weniger stark erwärmen als das nackte Gestein oder der Sand. Die Sommerhitze wird also durch Wald gemildert. Bei der reichlichen Verdunstung des Laubkörpers der Bäume wird die Luft eine um so feuchtere sein, je dichter der Bestand und je geringer die Luftbewegung ist. Entsprechend der stärkeren Verdunstung dürfte über den Wäldern leichter Wolkenbildung erfolgen, und dieselbe wird auch nicht so leicht zerstreut werden. Da der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft in und über dem Walde gröfser ist, wird leichtere und reichlichere Taubildung eintreten. Die Wucht der Regengüsse wird vermindert. Da die scharfen Regen, namentlich bei geneigter Lage, vom Erdreich nicht so schnell aufgenommen werden können, rinnen die Wassermassen vom nackten Boden ab und spülen dabei die feinen humosen Teile der Felder von der Höhe in die tieferen Lagen. Der Feldbestand wird bei jährlicher Wiederholung dieses Vorganges derartig geändert, dafs die hohen Lagen verarmen und ein nur wenig fruchtbares Bodenskelett zurückbehalten, während in der Niederung die Humusschichten anwachsen. Mit der Verarmung an Humus sinkt die wasserhaltende Kraft des Bodens, und der Rücken des Feldes zeigt allmählich Schädigungen durch Wassermangel. Bei schweren Böden führt das beständige Aufschlagen der Tropfen bei starken Regen langsam zur Verkrustung.

Allen diesen Übelständen begegnet der Wald, dessen Baumkronen den Regen auffangen und teilweis behalten. Trotzdem dringt genügend Wasser hindurch und rinnt an den Stämmen abwärts, wird vom Moos oder selbst vom dürren Laub des Laubwaldes an der Bodenoberfläche oder der Krume zurückgehalten und kommt der Vegetation zugute. Einige positive Zahlen über die hier theoretisch erörterten Verhältnisse entnehmen wir dem „Illustrierten Forst- und Jagdlexikon“ von Fürst[1]). Gestützt auf die Beobachtungen der forstlichen meteorologischen Stationen wird angegeben, dafs die Lufttemperatur im Jahresdurchschnitt unter dem geschlossenen Kronendach der Bestände etwa 0,8° C. niedriger als im Freien ist. Die Differenz ist im Sommer am gröfsten

[1]) Illustriertes Forst- und Jagdlexikon, II. Aufl. Herausg. Dr. Hermann Fürst. Berlin 1904, Paul Parey. S. 384.

(bis 3° C.), während sie im Frühling und Herbst dem Jahresdurchschnitt gleichkommt und im Winter fast verschwindend ist. „Die Temperaturschwankungen sind unter dem Kronenschirm geringer als im Freien.“

Die Temperatur des bewaldeten Bodens ist zu allen Jahreszeiten um 1 bis 3° C. niedriger als diejenige im Freilande. Die absolute Feuchtigkeit ist im Walde und im Freien nicht verschieden, dagegen wegen der niedrigeren Temperatur die relative Feuchtigkeit im Walde während des Winters, Frühjahrs und Herbstes um 4 bis 8 %, im Sommer um 12 bis 20 % höher als im Freien. Die Verdunstung einer freien Wasserfläche ist im Walde um 50 bis 60 % geringer als im freien Lande; „die Verdunstung des Wassers aus dem Boden wird um 80 bis 90 % herabgesetzt.“ Von den Niederschlägen werden je nach Holzart, Alter und Schluſs der Bestände sowie der Stärke des Niederschlages 10 bis 50 % von den Baumkronen zurückgehalten, bei schwachem Regen vielfach 100 %; im allgemeinen gelangen 60 bis 80 % an den Waldboden. „Im mittleren Europa wird durch den Bestandesschluſs die Jahres- und die Sommertemperatur um 1 bezw. 2 bis 3° C. erniedrigt, die relative Feuchtigkeit um ca. 5 % bezw. 15 % erhöht.“

Da man die Gröſse der Fernwirkung von ausgedehnten Waldungen noch nicht festgestellt hat, so bleibt die Frage des Einflusses der Bewaldung auf das Klima eine offene; aber eine Wirkung des Waldes auf seine unmittelbare Umgebung wird nicht abzuleugnen sein, und gerade diese kommt vom Standpunkt der Phytopathologie in Betracht.

Der Unterschied in der Insolation, die im Walde sehr gering, im freien Felde sehr schnell und stark durch Erwärmung des Bodens und seiner darüberliegenden Luftschichten sich geltend machen muſs, wird eine ausgleichende Luftströmung erzeugen müssen, die namentlich im Frühjahr, zur Zeit des Erwachens der Baumvegetation, von groſser Bedeutung werden kann.

Einen Einblick in das Leben der Waldvegetation geben die Untersuchungen von Hesselmann[1]). Er beobachtete das innerhalb der Baumkronen sich vollziehende regelmäſsige Absterben der Zweige und fand, daſs deren Blätter bei Esche, Birke und Eberesche noch stark, bei Haselnuſs merklich weniger in assimilatorischer Tätigkeit begriffen waren. Wenn gut beleuchtete Zweige absterben, sind Korrelationserscheinungen dabei im Spiele. Die schattenertragenden Bäume bilden ausgeprägte Licht- und Schattenblätter aus; die lichtbedürftigen Bäume zeigen diese Differenz nicht. Die Assimilationstätigkeit der Bodenflora ist in den unbelaubten Baum- und Strauchbeständen im Frühling sehr lebhaft und sinkt mit der Belaubung — bei den Schattenpflanzen infolge der Blattstruktur langsamer als bei Sonnenpflanzen — bis zum gänzlichen Aufhören. Mit dem verminderten „Nahrungskonsum“ sinkt auch die Atmungsintensität. Abgeschnittene Schattenblätter von *Convallaria majalis* u. a. bilden sowohl in der Sonne wie im Schatten mehr Stärke als ebenso behandelte Sonnenblätter und zersetzen bei demselben Lichtgenuſs rascher Kohlensäure als diese. Übrigens erwies sich bei Convallaria die Stärkespeicherung um so geringer, je trockner der Boden war. Gleichgroſse Blattflächen von Blättern mit Palisadenzellen transpirieren weit stärker als diejenigen, deren Blätter die Schattenblattstruktur besitzen.

[1]) Hesselmann, Hendrik, Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Jena, Fischer, 1904. Cit. Bot. Centralbl. v. Lotsy, 1904, Nr. 49.

Aus diesen Angaben geht deutlich hervor, welche tiefeingreifenden Änderungen in der Ökonomie der stehenbleibenden an den Schatten bisher gewöhnten Bäume durch ihre plötzliche Lichtstellung bei dem Niederschlagen von Waldpartien sich vollziehen müssen. In Parkanlagen rächt sich eine zu starke plötzliche Auslichtung durch Entfernung zahlreicher Bäume nicht selten durch teilweises oder gänzliches Absterben der Baumkronen bei den stehengebliebenen Exemplaren.

Wir müssen unsere Aufmerksamkeit auch noch auf einen anderen Punkt lenken:

Man betrachte einmal die mit Obstbäumen bepflanzten Chausseen in der Ebene, namentlich die Kirschalleen, und man wird Beispiele genug finden, bei denen die Stämme auf der Süd- oder Südwestseite aufgesprungen, mit Fetzen abgeplatzter Ringelborke bedeckt sind und häufig auch noch Gummiklumpen an den Wundstellen erkennen lassen. Die Untersuchung ergibt alle Merkmale der Frostbeschädigungen, und diese erklären wir damit, daſs die von Wald entblöſste Ebene gefährlich werdenden Temperaturextremen im Frühjahr ausgesetzt ist. Die Februar- und Märzsonne mobilisiert frühzeitig die Reservestoffe, indem sie sich in ihrer ganzen Intensität an die Stämme anlegt und durch die Bodenreflexion in ihrer Wirkung verstärkt wird, und das wasser- und zuckerreichere Gewebe erliegt sodann einer Frostwirkung. Eine feuchtere Atmosphäre in der Umgebung von Wasser- oder Waldflächen ist temperaturausgleichend und frostschützend.

Selbstverständlich wirken in Gegenden mit gröſseren Bodenerhebungen, wo sich die Differenzen zwischen Tal und Berg bereits bemerklich machen, diese bestimmend und oft ausschlaggebend mit; aber in der Ebene wird die Bewaldung zum sehr beachtenswerten Faktor. Das Niederschlagen gröſserer Waldbestände in weiten Ebenen rächt sich nicht nur vielfach am Besitzer allein, sondern auch in der weiteren Umgebung, indem es die Gefährdung durch die Spätfröste steigert. In dieser Beziehung glauben wir, daſs namentlich viele kleine Waldbestände, durch eine groſse Ebene verteilt, von Nutzen sein werden; denn auf eine bedeutende Fernwirkung eines einzigen groſsen Waldes dürfte kaum zu rechnen sein.

Anerkannt ist ferner der Nutzen des Waldes als Windschutz, falls nicht Gebirgsrücken denselben übernehmen. Wie jede Lichtseite aber auch ihre Schattenseite mit sich bringt, so finden wir auch schädigende Einflüsse des Waldes auf die angrenzende Feldflur. Je nach seiner Lage zum Felde kann der Wald die meist von Westen kommenden sommerlichen Regengüsse abhalten, so daſs wir trockne, windstille Feldstreifen in der unmittelbaren Nähe eines Waldes erhalten; oder der Wald läſst im Gegenteil den Feldstreifen für die Regen zugänglich und verhindert eine erwünschte schnelle Abtrocknung der Saaten. Im ersteren Falle kann der Waldsaum ein schützender Zufluchtsherd für schädliche Insekten werden. So ist mehrfach beobachtet worden, daſs die Zwergcikade von trocknen Waldrändern aus ihre Überflutung der Äcker begonnen hat. Als Beispiel der Begünstigung von Krankheitserregern durch eine lange sich haltende Feuchtigkeit in der Nähe des Waldsaumes dienen die Meldungen über gröſsere Intensität der Erkrankung des Getreides durch *Puccinia*, *Ophiobolus* und *Leptosphaeria herpotrichoides*. Ferner sind die Erfahrungen von Goethe[1]) über die Be-

[1]) Rudolph Goethe, Über den Krebs der Obstbäume. Berlin 1904, Paul Parey.

günstigung anzuführen, welche der durch *Nectria ditissima* hervorgerufene Pilzkrebs der Obstbäume durch den Standort erfährt. Die Neigung zur Krebserkrankung wird durch einen erhöhten Feuchtigkeitsgehalt der Luft begünstigt, wie ihn die oberen Lagen gebirgiger Gegenden oder auch kalte Talböden darbieten. „Die Bäume zeigen an solchen Stellen dürftiges Wachstum und sind mit Moosen und Flechten bedeckt. Ähnliches beobachtet man in der Nähe von ausgedehnten Wäldern, aus denen bis in den Sommer hinein kühle, feuchte Luft strömt.“

Zweites Kapitel.

Ungünstige physikalische Bodenbeschaffenheit.

1. Beschränkter Bodenraum.

Die Wurzelkrümmungen.

Für den praktischen land- und forstwirtschaftlichen Betrieb spielt die Frage der Beschränkung des Bodenraumes, wenn damit nicht Nährstoffmangel verbunden ist, eine untergeordnete Rolle; denn die Ernährungsstörungen, die durch Überwachsen und Reiben dicht aneinandergeprefster Wurzeln oder deren Einwachsen zwischen Gesteinsspalten entstehen, erlangen keine wirtschaftliche Bedeutung. Anders dagegen liegt die Sache bei dem gärtnerischen Betriebe und der Zimmerkultur der Pflanzenliebhaber.

In diesen Kreisen sind aber die Meinungen über einen Einfluſs des allzugeringen Bodenraumes für die Wurzelausbreitung sehr geteilt. Vorherrschend und auch seitens mancher Agrikulturchemiker ausgesprochen ist die Ansicht, daſs die mechanischen Wirkungen bei dicht aneinandergepreſsten und in mannigfachen Krümmungen durcheinandergewirrten Wurzeln ohne Einfluſs auf das Gedeihen der Pflanzen sind. Es könne sich bei beschränktem Bodenraum immer nur darum handeln, daſs ein Nährstoffmangel sich schnell geltend mache, und diesem sei mit Vorteil durch Düngung abzuhelfen. Der beste Beweis liege in der Anzucht der sog. „Marktpflanzen“ der Gärtner in groſsen Städten, die, dem Geschmack des Publikums entsprechend, äuſserst kräftige Büsche von Blütenpflanzen (Fuchsien, Pelargonien, Begonien usw.) in relativ sehr kleinen Blumentöpfen heranzuziehen wissen.

Die Tatsache ist richtig, die Deutung aber unzutreffend.

Die Beschränkung einer groſsen Wurzelmasse auf einen kleinen Raum hat zunächst die Vermehrung der Wurzelkrümmungen zur Folge, und diese Krümmung bildet die Veranlassung zur gesteigerten Produktion von Seitenwurzeln. Diese Erscheinung läſst sich leicht bei Wasserkulturen beobachten. Wenn eine stärkere Wurzel den Boden des Glasgefäſses erreicht, und die Spitze sich nun umzulegen gezwungen ist, entstehen alsbald neue Seitenwurzeln. Noll[1]) hat diesem Umstande ein besonderes Studium gewidmet. Er fand, daſs an gekrümmten Wurzelstrecken die Seitenwurzeln einseitig auf der Konvexflanke an-

[1]) Noll, F., Über den bestimmenden Einfluſs der Wurzelkrümmungen auf Entstehung und Anordnung der Seitenwurzeln. Landwirtsch. Jahrbücher XXIX (1900). S. 361.

gelegt werden. Die Konkavflanke bleibt frei: dies trifft für Haupt- und Nebenwurzeln zu, und zwar nicht blofs bei mechanischen Einflüssen, sondern auch bei geotropischen und hydrotropischen Reizwirkungen. Pollock[1]) wies dabei nach, dafs die gekrümmten Wurzeln auf der konvexen Seite in ihren Zellen mehr Wasser als auf der konkaven Seite enthalten.

Noll schreibt dieses Hervortreten neuer Seitenwurzeln an der Krümmungsstelle einem Empfindungsvermögen der Pflanze für Formverhältnisse des eigenen Körpers (Morphästhesie) zu. Man kann diesen Ausdruck annehmen, wenn man darunter eine mechanische Stoffverschiebung versteht, die infolge des Krümmungsreizes in den gereizten Geweben sich einstellt. Der Vorgang dürfte ähnlich dem bei direkter Verwundung eintretenden verlaufen, bei welchem eine Plasmaanhäufung in den der Wundfläche benachbarten Zellen sich nachweisen läfst. Selbstverständlich begegnet man auch Seitensprossungen an konkaven Stellen gekrümmter Wurzeln: aber in solchen Fällen war die Anlage des Seitenorgans schon vorhanden, bevor die Krümmung der Mutterwurzel stattgefunden hatte.

Bei dem Wachstum der Bäume im Freien kann der Umstand der Entwicklung von Seitenwurzeln an der Konvexseite praktischen Vorteil haben, indem die Pflanze fester verankert wird und sich Bodenräume zur Nährstoffausnutzung aussucht, die sonst vielleicht von Wurzelästen nicht durchzogen worden wären. Aber in dem Falle, wo der Gesamtwurzelballen nur einen bestimmt zugewiesenen engen Bodenraum zur Verfügung hat, wie bei den Topfkulturen, entstehen Nachteile, die in der Produktion der organischen Substanz zum Ausdruck kommen müssen. Dieser Nachteile können wir uns schon bewufst werden, wenn wir einen sog. durchgewurzelten Topfballen näher betrachten. Die gröfste Menge der jungen Wurzeln ist nach der Peripherie gedrängt und derart der porösen Wandung des Blumentopfes angeprefst, dafs bei dem Abheben des Topfes zahlreiche Fasern abreifsen. Ein Teil der Wurzelfasern ist band- oder hautartig verklebt und abgestorben. Letzterer Umstand fällt namentlich bei Palmen und Dracaenen ins Auge, bei denen die toten Wurzeln nur noch aus der Stele, dem Achsenzylinder, und dem wie eine papierartige Hülse zusammengetrockneten äufseren Rindenkörper bestehen.

Das Hinstreben der Wurzeln nach der Topfwandung ist dem Sauerstoffbedürfnis des Wurzelkörpers zuzuschreiben. Dasselbe kann natürlich um so weniger befriedigt werden, je dichter das Wurzelnetz den Erdballen durchsponnen hat. Dazu kommen nun die eigenen Ausscheidungen des Wurzelkörpers. Betreffs derselben stellte Czapek[2]) fest, dafs sie sowohl in feuchter Luft als auch bei Wasserkulturen nachweisbar sind. Im dampfgesättigten Raume bemerkt man dieselben nicht selten in Gestalt von Tröpfchen an den Wurzelhaaren infolge starken Innendruckes der Zellen.

Ausgeschieden werden minimale Mengen von Kali, Kalk, Magnesia, Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure, von denen das Kaliumphosphat, das die bekannte Rötung des Lackmuspapiers veranlafst, etwas

[1]) Pollock, James, The mecanismn of root curvature. Botan. Gaz. Chicago, XXIX, 1900. S. 1 ff.

[2]) Czapek, Fr., Zur Lehre von den Wurzelausscheidungen. Jahrb. für wiss. Bot. 1896. Bd. 29. Heft III.

reichlicher hervortritt. Bezüglich der Säuren fand CZAPEK, dafs Milchsäure und Essigsäure sich nicht nachweisen liefsen; dagegen war Ameisensäure in Form des Kaliumsalzes als Diffusionsprodukt der lebenden jüngsten Wurzelpartien nicht selten aufzufinden. Bei der Hyazinthe wurde Kaliumoxalat ausgeschieden. Vor allem aber kommt die Kohlensäure in Betracht, welche auch das Anätzen der Gesteine vorzugsweise übernimmt, indem sie entweder in dem Membranwasser der Wurzelhaarzellen oder im Wasser der Bodeninterstitien gelöst auftritt.

Mit diesen Wurzelausscheidungen, namentlich dem Monokaliumphosphat, und der Kohlensäure ist nun zu rechnen. Bei den Topfkulturen handelt es sich besonders um die letztere, die in grofsen Mengen um so mehr im Wurzelballen zurückgehalten wird, je dichter derselbe verfilzt und je nasser derselbe von dem Züchter gehalten wird. Die Kohlensäureproduktion wird aufserdem bedeutend durch den Atmungsprozefs der Mikroorganismen im Boden vermehrt, welche zum Aufbau ihres Leibes die Kohlenhydrate und andere organische Substanzen zersetzen. STOKLASA [1]) fand z. B. im Waldboden Alkohol, Essigsäure und Ameisensäure, bis schliefslich Kohlendioxyd nebst Wasserstoff gebildet wird; letzterer oxydiert wohl gröfstenteils zu Wasser. Das Absterben eines Teils der Wurzeln durch Sauerstoffmangel und Kohlensäureüberschufs ist also ein allmählich zur Geltung kommender Prozefs bei der Kultur der Pflanzen in kleinen Töpfen, auch wenn man denselben durch Düngung überreichlich Nährstoffmaterial zuführt. Wird aber mit einer fruchtbaren Erde allein ohne nachträgliche Zufuhr von Dungstoffen gearbeitet, so kommt der Umstand hinzu, dafs die an den Topfwänden sich dicht verfilzenden Wurzeln tatsächlich gar nicht mehr an den Erdballen herankommen, weil sie über ältere gelagert sind. In solchen Fällen können sie das Bodenkapital für den Haushalt der Pflanze nicht mehr nutzbar machen.

Dafs der übermäfsig beschränkte Bodenraum an sich die Produktion herabdrückt, beweisen die alten Versuche von HELLRIEGEL [2]). Diese Versuche wurden in der Art ausgeführt, dafs mannigfache, sowohl einjährige wie mehrjährige, landwirtschaftliche Kulturgewächse (Gerste, Erbsen, Buchweizen, Klee usw.) in verschieden hohe Glasgefäfse in möglichst gleichmäfsige Gartenerde gesät wurden und unter Beobachtung aller für die Sand- und Wasserkulturen geltenden Kautelen auf dem Vegetationswagen gepflegt wurden. Um den Vorwurf auszuschliefsen, dafs bei den erlangten Resultaten nicht das verschiedene Bodenvolumen, sondern das durch dasselbe repräsentierte gelöste verschiedene Nährstoffquantum den Ausschlag gegeben habe, wurden Parallelversuche mit reicher Düngergabe unter sonst ganz gleichen Verhältnissen angestellt. Das Ergebnis dieser Versuche war, dafs sich gar kein Unterschied in der Produktion zugunsten der gedüngten Pflanzen zeigte, dafs somit die nicht gedüngten alles, was sie an Nährstoffen für ihre Produktion brauchten, in der ungedüngten Gartenerde vorgefunden haben mufsten. Ein indirekter Beweis lag auch noch in den Versuchsresultaten, welche die ungedüngten Pflanzen bei Vergleich miteinander lieferten.

---

[1]) STOKLASA und ERNEST, Über den Ursprung, die Menge und die Bedeutung des Kohlendioxyds im Boden. Centralbl. f. Bakteriologie usw. II. Abt. Bd. XIV. 1905. S. 723.

[2]) HELLRIEGEL, Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Vieweg, 1883. S. 184—224.

Die Ernte zeigte nämlich, dafs der Klee in seinem ersten Lebensjahre ungefähr ebensoviel Trockensubstanz produziert hatte wie die übrigen Pflanzenarten. Dies hinderte aber nicht, dafs derselbe im zweiten Jahre auf demselben Boden eine zweite, und zwar eine zwei-, resp. dreimal so grofse Ernte erzeugte und selbst in einem dritten Jahre noch so viel Pflanzensubstanz produzierte wie im ersten Jahre. Man sieht daraus, dafs bei keinem der Versuchstöpfe die Nährstoffmenge eine Rolle spielen konnte, da überall Nährstoffe im Überschufs vorhanden waren.

Wenn nun dennoch die Ernte an Trockensubstanz eine mit der Gefäfsgröfse steigende war, so war dieses Ergebnis lediglich dem Einflufs des Bodenvolumens zuzuschreiben.

Die Versuchspflanzen standen in Glaszylindern von unten bezeichneten Dimensionen und Inhalt, erhielten stets an Wasser zwischen 30 bis 60% der wasserhaltenden Kraft des Bodens und ergaben: Klee:

Höhe des Zylinders	lichten Durchmesser	Erdinhalt lufttrocken	ganz trocken	Erntetrockensubstanz in den Jahren 1872, 1873, 1874		
I. 96—99 cm	14 cm	19,500 g =	18,600 g	417,2 g	mit 6,92%	Reinasche
II. 65—67 „	14 „	13,000 g =	12,400 g	254,6 g	„ 6,97%	„
III. 34—35 „	14 „	6,500 g =	6,200 g	173,0 g	„ 8,08%	„
IV. 18,0 „	14 „	3,250 g =	3,100 g	76,8 g	„ 8,45%	„

Da bei den Gefäfsen mit sehr grofsem Bodenvolumen durch das zu Anfang stattfindende plötzliche Zuführen der grofsen Wassermengen, die den Boden auf 60% seiner Wasserkapazität sättigen sollten, ein zu grofses Festsetzen und daher ein etwas abnormes Verhalten einiger Pflanzen eingetreten war, so hat HELLRIEGEL in seinen Erntetabellen besonders die Ergebnisse von Gröfse III und IV herangezogen. Dabei stellte sich heraus, dafs bei den Erbsen eine Bodenmenge von

3100 g an Trockensubstanz 29,97 } im Durchschnitt ergab
6200 g „ „ 47,94 }

Erbsen, also Verhältnis des Bodens 1 : 2,
„ „ „ der Ernte 1 : 1,6
Bohnen, „ „ des Bodens 1 : 2,
„ „ „ der Ernte 1 : 1,8.

Bei Gerste aus dem Jahre 1872 fanden sich genau dieselben Verhältnisse in dem Ernteergebnisse wie bei den Bohnen. Wir unterlassen die Wiedergabe der anderen Zahlen, da die hier angeführten deutlich genug zeigen, dafs, wenn bei zwei gleich weiten, aber verschieden hohen Gefäfsen, die beide Nährmaterial im Überflufs hatten und stets die zusagende Menge Wasser erhielten, die Bodenmenge sich wie 1 : 2 verhielt, die Ernte sich wie 1 : 1,6 bis 1,8 herausstellte. Es ist also ein in die Augen springender Einflufs des Bodenvolumens konstatierbar, und es ist nun die Frage, wie sich dieser Einflufs erklären läfst.

HELLRIEGEL fand, dafs die Höhe des Ertrages im umgekehrten Verhältnis zu der Summe der mechanischen Widerstände, welche der Entwicklung des Wurzelnetzes der Versuchspflanzen entgegentraten, stand.

Wenn die Gärtner bei ihren Marktkulturen scheinbar das Gegenteil erzielen, nämlich trotz der kleinen Blumentöpfe sehr schnell gewachsene, hoch ausgebildete, oberirdische Achsen, so erklärt sich dies auf folgende einfache Weise. Die Gärtner geben äufserst nahrhafte Erden, so dafs hochkonzentrierte Lösungen im Boden sich vorfinden. Vergleichende

Messungen aber zeigten mir, dafs der Wurzelapparat in reichen Nährstofflösungen aus wesentlich kürzeren Ästen sich aufbaut als in schwach konzentrierten; mithin ist tatsächlich also weniger gegenseitige Belästigung der Wurzelfasern untereinander vorhanden. Aufserdem aber arbeitet der Wurzelkörper in derselben Zeiteinheit bei seinem Aufenthalte im Glashause oder Mistbeetkasten weit stärker als dort, wo die Pflanzen sich selbst überlassen sind, im Freien; denn diese Glaskästen haben sämtlich Bodenwärme. Nun kommt schliefslich noch hinzu, dafs auch die oberirdische Achse in Verhältnissen sich befindet, die eine ganz besonders schnelle und reiche Ausbildung ermöglichen. Die an Wasserdampf und Kohlensäure reiche Atmosphäre veranlafst eine möglichst starke Vergröfserung der einzelnen Zellen unter verhältnismäfsig geringer Transpiration; daher die Turgescenz und bedeutende Streckung des Laubkörpers, die sich namentlich bei Blattpflanzen geltend machen. Es wird also bei den gärtnerischen Kulturen in kleinen Töpfen der Wurzelapparat früher und besser aufgebaut und ausgenützt, so dafs die Schädigungen der Wurzelkrümmungen und Quetschungen erst zu einer Zeit sich geltend machen, in welcher die oberirdische Achse schon eine erhebliche Produktion hinter sich hat. Dafs aber die Gärtner die Nachteile der kleinen Töpfe sehr gut kennen und, wenn nötig, auch zu vermeiden wissen, geht aus den sog. „Mastkulturen“ hervor. Hierbei werden die Exemplare immer wieder in gröfsere Töpfe verpflanzt, sobald die Wurzeläste nur einigermafsen zahlreich die Wand des Gefäfses erreicht haben.

Der Zwergwuchs (Nanismus).

Als eine interessante Verwertung des Einflusses beschränkten Bodenraumes möchten wir die im Handel unter der Bezeichnung „japanische oder chinesische Lebensbäume“ befindlichen Zwergkoniferen anführen. Die umstehende Figur bringt die Ansicht von einem lebenden Exemplar, das von der altbekannten Firma J. C. Schmidt (Berlin) als *Thuja obtusa* bezeichnet und uns freundlichst zur Verfügung gestellt worden ist. Der Baum hat mit dem Topf eine Höhe von 86 cm und von der Erdoberfläche an von 60 cm. Die gröfste Breite der Krone beträgt 80 cm. Die in mehrfache vorspringende Leisten sich teilende Stammbasis hat 19 cm, der Stamm in der Kronenhöhe, wo die erste Verästelung sich zeigt, 12 cm Durchmesser. Das mit dichter Krone versehene gesunde Exemplar, dessen Alter auf 100 Jahr geschätzt wurde, sollte 350 Mk. kosten.

In der Literatur finden sich mehrfach Notizen, welche auf die von Japanern und Chinesen geübte Kunst hinweisen, hundertjährige Zwergexemplare von Bäumen als Tafelschmuck zu ziehen[1]).

[1]) In einem Artikel über „Zwergbildung im Pflanzenreich“ (Gartenwelt 1904 Nr. 49) zitiert Grube einen Bericht von Sir George Staunton aus dem Werke „Des Grafen Macartney Gesandtschaftsreise nach China“, Berlin 1798. Staunton sah auf den Tischen im Audienzsaale zu Ting-hai Fichten, Eichen und Pommeranzenbäume, deren keiner höher als zwei Fufs war und die oft reich mit Früchten besetzt erschienen. Auf der Erde des Topfes um die Stammbasis waren Steine aufgeschichtet, die verwittert und mit Moos überzogen waren, um dem Topfe das Aussehen hohen Alters zu geben. „An diesen künstlichen Zwergen aus dem Pflanzenreiche schien man in China durchgehends sehr viel Geschmack zu finden; denn wir fanden sie in der Folge in jedem einigermafsen angesehenen Hause.“ Es wird dann weiter erzählt, dafs die „liliputischen“ Bäume dadurch vermehrt würden, dafs man um einzelne Zweige Lehm oder Gartenerde befestigt und dieselbe feucht hält, bis die Zweige

Unsere Untersuchung eines Stammstückes von einem abgestorbenen Baum zerstört den Nimbus des Wunderbaren, mit dem diese Züchtungen japanischer und chinesischer Gartenkunst bisher umgeben gewesen. Eine Holzplatte von 8 cm Längs- und 6 cm gröfstem Querdurchmesser gab das Bild äufserst exzentrischer Jahresringe. Die Entfernung des Markkörpers vom Rindenteil betrug auf der einen Stammseite 1,5 cm, auf der entgegengesetzten 6,5 cm. Die Zählung mit der Lupe liefs auf dieser Stammseite 30 Jahresringe, auf der schmalen nur 15 erkennen.



Fig. 15. Zwergexemplar von *Thuja obtusa* von 60 cm Höhe und 80 cm Breite. (Orig.)
Man sieht an der Stammbasis die Spaltung der oberirdischen Achse in eine Anzahl aus dem Topf hervorragender Wurzeläste.

Auf der im Wachstum begünstigten Seite fiel es auf, dafs die Breite der einzelnen Jahresringe sehr wechselte. Man konnte vier Zonen

in den Erdballen hinein neue Wurzeln entwickeln und nun abgeschnitten werden. Das Verfahren wird nach Unterbinden eines Zweiges oder Gipfeltriebes und Einhüllung der Schnürstelle mit Moos auch in einzelnen Fällen jetzt noch bei uns geübt. Es geschah in China, weil man beobachtet hatte, dafs der künstlich herbeigeführte Zwergcharakter erblich werde. Unterstützt wird diese erblich gewordene Neigung allerdings bei dem neuen Individuum noch dadurch, dafs man die Endknospe des Haupttriebes abdreht und denselben durch Draht in verschiedene Richtungen biegt. „Will man den Zwergbäumchen das Ansehen eines alten, bereits halb abgestorbenen Baumes verschaffen, so bestreicht man den Stamm oft mit Sirup dadurch werden Ameisen herbeigelockt, die, indem sie die Süfsigkeit aufzehren, zu

unterscheiden. Jede derselben endete mit sehr schmalen Ringen, deren Tracheïden äufserst englumig und durch Verkienung braunwandig waren. Sonst war das Holz gesund. Der Rindenkörper entsprach in seinen Dimensionen der Holzscheibe, d. h. er war an der engringigen Seite 1,5 mm, an der weitringigen 4 mm dick. An einer Schmalseite fand sich eine eingebuchtete Stelle, bei der eine geringere Entwicklung des Holzkörpers durch eine stärkere, bis 5½ mm dicke Borkenbildung ausgeglichen war. Hier verrät sich in den einzelnen Borkenschuppen zwischen den Tafelkorklagen eine Neigung zu Füllkork ähnlicher Lockerung.

Aus dem vorstehenden Befunde ist zunächst ersichtlich, dafs die Angaben über das hohe Alter der Bäume irrtümlich sind. Mehr wie einige dreifsig Jahre dürften derartige Bäume nicht alt sein, und ihr Zwergwuchs wird nach unserem Dafürhalten dadurch erzielt, dafs die Pflanzen in äufserst kleinen Töpfen bis zur völligen Durchwurzelung derselben gehalten werden. Dann folgt ein Verpflanzen in ein gröfseres Gefäfs, wobei die Wurzelkrone über den Topf emporgehoben wird, um dem Wurzelballen möglichst viel Erde zur Ausnutzung zu gewähren. Nach dem Jahre des Verpflanzens entstehen zunächst weite Jahresringe, und diese verengern sich dann wieder in dem Mafse, als der Topf durchwurzelt wird, bis der Zuwachs ein äufserst geringer geworden ist, und der letztgebildete Jahresring nur aus wenigen, gebräunten Herbstholz-Tracheïden sich aufbaut. Auf diese Weise entsteht die stelzenartige, von den frei herausragenden Wurzelästen getragene Stammbasis. Wahrscheinlich wird die Krone dadurch dicht erhalten, dafs man die Zweigspitzen leicht beschneidet und hiermit eine stärkere Verzweigung erzielt. Ebenso dürfte bei dem jedesmaligen Verpflanzen der Wurzelballen beschnitten werden. Dafs die Bäume feuchtgehalten wurden, schliefsen wir aus den vereinzelt auftretenden Füllkorklockerungen in der Borke. Jedenfalls dürfte es auch bei uns keine Schwierigkeiten haben, Bäume aus den Gattungen *Thuja*, *Thujopsis*, *Biota*, *Cupressus* und ähnlichen durch Beschränkung des Bodenraumes zu derartigen zierlichen Zwergformen heranzuziehen.

Ein entsprechendes Verfahren wird hier und da schon für Laubgehölze empfohlen. Bei der Treiberei der holzigen Blütensträucher ist es wünschenswert, kleine, möglichst reichblütige Exemplare zum Verkauf

gleich die Rinde beschädigen und ihr dadurch ein bräunliches, halbverwittertes Ansehen geben."

Ein etwas anderes Verfahren schildert Rein [1]) bei den Japanern, welche die Verzwergung oder „Nanisation" als „Tsukurimono" bezeichnen. Wir finden diesen Ausdruck in dem neuen Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten von Ideta [2]) nicht. Nach Rein wird schon durch die Auswahl besonders kleiner Samen aus wenig entwickelten Individuen auf den Zwergwuchs hingearbeitet. Es kommt hinzu ein häufiges Beschneiden und Verpflanzen der Bäumchen in kleine Töpfe, wie wir dies aus dem oben im Text beschriebenen Querschnitt erschlossen haben. Ferner werden Stamm und Äste gedreht und zur Horizontalen herabgebogen. Auch Abkühlung des Wurzelballens soll zur Anwendung gebracht werden. Als in Japan zur Zwerganzucht besonders verwendete Pflanzen werden genannt: die Spielarten von *Acer palmatum*, die durch Einspitzen oder Anplatten „greffe par approche" veredelt werden, ferner *Pinus massoniana* und *P. densiflora*, *Podocarpus Nageia*, *Sciadopytis verticillata.* Von Obstbäumen eignet sich dazu die Kaki-Pflaume, *Diospyros Kaki*, die Mume-Pflaume, *Prunus Mume*, und Sakura, *Prunus Pseudocerasus*, sowie *Amygdalus Persica.* Von Ziergehölzen werden *Evonymus japonica* und Bambusrohr genannt.

[1]) Rein, J. J., Japan nach Reisen und Studien. Leipzig, Engelmann. 1886. Bd. II. S. 315.
[2]) Arata Ideta. Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten in Japan. 3. Aufl. Tokio, Shōkwabō, 1903.

zu haben. Zur Erreichung dieses Zweckes werden die Sträucher in kleine Töpfe gepflanzt, zurückgeschnitten und bis zum Frühjahr möglichst lange in kühlen, dunklen Kellern gehalten, um das Erwachen der Vegetation über die natürliche Grenze hinauszuschieben. Eiskeller leisten in dieser Beziehung grofse Dienste. Wenn die Vegetation sich bereits im Freien bedeutend entwickelt hat, werden die Blütensträucher herausgebracht. Sie haben dann zur Ausbildung der Triebe eine ganz andere Kombination der Vegetationsfaktoren. An Stelle der feuchten Frühjahrsluft, der verhältnismäfsig geringeren Sonnenwärme und der längeren, kühlen Nächte, erhält die Pflanze trockene, lichtreichere, lange Tage mit wenig Niederschlägen. Infolgedessen bleiben die Zweige kurz, und die Augen bilden sich leicht zu Blütenknospen aus.

Nicht überflüssig wird es sein, darauf aufmerksam zu machen, dafs man bei Aufbewahrung der Sträucher in warmen Kellern das Gegenteil erreicht, nämlich vollständige Unbrauchbarkeit zum Treiben. Der warme, dunkle Aufbewahrungsort erzeugt verspillerte, sehr zeitige Triebe, die bei dem endlichen Transport der Pflanzen ins Freie entweder durch Vertrocknen zugrunde gehen oder allmählich langsam zu peitschenförmigen, blütenlosen Ruten erstarken. Das gespeichert gewesene Material ist im Keller zur Bildung der verspillerten Triebe verschwendet worden.

Das häufigste Vorkommnis ist die Verzwergung aus Wassermangel. Wie jeder Organismus hat auch die Pflanze die Fähigkeit, den verschiedenen Verhältnissen innerhalb weiter Grenzen sich anzupassen. Ein Individuum kann, wenn es von Jugend auf an sehr geringe Wassermengen gewöhnt wird, mit der Hälfte der Wassersumme auskommen, die eine unter Wasserüberschufs sich entwickelnde Pflanze derselben Art und Varietät braucht. Natürlich ist der Aufbau des ganzen Individuums diesen Verhältnissen angemessen. Eingehendere Untersuchungen liegen bei der Gerstenpflanze vor[1]), welche bei verschiedenem Wassergehalt des Bodens (10, 20, 40 und 60 % der wasserhaltenden Kraft) kultiviert worden war. Der günstigste Wassergehalt für die Kultur dürfte etwa bei 50—60 % der Wasserkapazität eines Bodens zu suchen sein.

Im Versuch zeigte sich, dafs die Pflanze selbst bei nur 10 % Wasser sich mit ihrer Organisation eingerichtet hatte: es war absolut wenig Blatt- und Wurzelsubstanz gebildet worden, aber das Verhältnis zwischen Körnern und Stroh war das normale; also etwa ebensoviel Trockensubstanz in der Form von Körnern als in Form von Stroh. Bei derselben Menge an Nährstoffen im Boden wuchs die Trockensubstanz, je mehr die Pflanzenwurzel Wasser zugeführt erhielt. Bei zuviel Wasser (also über 60 % der wasserhaltenden Kraft hinaus) wurde absolut weniger Trockensubstanz produziert, und diese geringere Menge wurde noch wertloser, da das Verhältnis zwischen Stroh und Körnern sich zu ungunsten der letzteren änderte. Eine Messung der Blätter ergab, dafs dieselben um so länger und breiter wurden, je mehr Wasser gleichmäfsig zugeführt worden war. Diese gröfseren Blätter bei stärkerer Wasserzufuhr werden teilweise durch Vermehrung der Zellen, teilweise durch gröfsere Ausdehnung derselben bedingt. Wenn die einzelnen Oberhautzellen gröfser sind, dann ist von vornherein anzunehmen, dafs auch

---

[1]) Sorauer, Einflufs der Wasserzufuhr auf die Ausbildung der Gerstenpflanze. Bot. Zeitung 1873. S. 145.

die der Oberhaut angehörenden Atmungsapparate, die Spaltöffnungszellen, an der gröfseren Streckung teilnehmen, also gröfser sein werden, dafs sie aber auch durch die gröfsere Streckung der Oberhautzellen weiter voneinander gerückt erscheinen werden. Die direkte Messung bestätigte diese Annahme, so dafs also pro Quadratzentimeter eines im Wasserreichtum gewachsenen Blattes weniger, aber gröfsere Spaltöffnungen zu finden sein werden, als bei den unter Wasserarmut des Bodens erwachsenen Pflanzen. Die Untersuchungen von H. Möller[1]) haben festgestellt, dafs solche Pflanzen, welche infolge von Wassermangel verzwergen (Nanismus), sich in ihrem Aufbau anders verhalten als solche, bei denen eine Verzwergung durch Mangel sämtlicher Mineralstoffe in ungenügend konzentrierter Lösung hervorgebracht wird. Bei letzteren wird die geringere Breite der Blätter nicht durch geringere Breite der Zellen, wie bei Wassermangel, sondern durch geringere Menge der Zellen wahrscheinlich veranlafst, da die Messungen dieselbe Zellenbreite und dieselbe Gröfse der Spaltöffnungen bei Pflanzen aus genügender Nährstofflösung und aus ungenügend konzentrierter Lösung nachwiesen. Diese Differenzen sind erklärlich: es wird bei mangelhafter Zufuhr der Gesamtmineralstoffe die Zellvermehrung leiden, bei Wassermangel allein dagegen die verminderte Zellstreckung in den Vordergrund treten. Wie einige Versuche von Möller mit *Bromus mollis* zeigen, ist dieser Nanismus nicht erblich, da aus Samen von Zwergpflanzen Riesenexemplare gezogen werden können. Indes erzeugen bei gleichen Vegetationsbedingungen die von normalen Pflanzen abstammenden Samen doch kräftigere Exemplare als das von verzwergten Pflanzen herrührende Saatgut.

Der von Möller studierte Fall des Nanismus aus Nährstoffmangel ist auf sandigem Boden nicht selten: dabei spielt der Mangel an Stickstoff die Hauptrolle. Hier pflegt der Nanismus sich dadurch zu charakterisieren, dafs sich aufser der allgemeinen Reduktion die Verhältnisse der einzelnen produzierten Organe zueinander verschieben. Im Verhältnis zur Gesamtproduktion erlangt der Wurzelkörper gröfsere Ausdehnung, aber die Organe der sexualen Sphäre erleiden einen gröfseren Rückgang. Die Anzahl der Blütenanlagen ist äufserst gering. An Stelle einer Traube oder Rispe finden wir manchmal nur eine einzige Blume, und da, wo eine gröfsere Menge von Blumen angelegt ist, produzieren nur einzelne wirklich keimfähige Samen. Dafs die Blattformen dabei auch vereinfacht werden, ist leicht zu verstehen.

Bei Besprechung des Zwergwuchses mufs hier auch derjenigen Fälle gedacht werden, die nicht nachweisbar mit den Bodenverhältnissen oder sonstigen äufseren Vegetationsfaktoren in Verbindung stehen, sondern durch Knospenvariation zustande kommen. Der bisherige Wachstumsmodus wird durch einen Stofs oder Reiz, der vorübergehend oder dauernd wirkt, derart verändert, dafs die organische Substanz anstatt in schlanken, dünnen, grofsblätterigen Zweigen von geringerer Zahl in Form von zahlreicheren kürzeren, meist dickeren, kurzlaubigen Zweigen Verwendung findet und auf diese Weise Hexenbesen darstellt. In manchen Fällen ist die Anregung zu derartig veränderter Wachstumsrichtung in parasitären Eingriffen gefunden worden. Namentlich die Pilzgattung *Taphrina* (*Exoascus*) übt auf die Zweige verschiedener

[1]) H. Möller, Beiträge zur Kenntnis der Verzwergung (Nanismus). Landwirtschaftliche Jahrbücher von Thiel. 1883. S. 167.

Laubbäume einen Reiz aus, der zur Hexenbesenbildung führt (s. Bd. II, S. 179); in anderen Fällen finden wir Rostpilze oder Milben aus der Gattung *Phytoptus*. Aufser diesen parasitären Formen existieren aber sicher solche, bei denen andere Organismen nicht im Spiele sind. Wir sahen manchmal, namentlich bei krautartigen, schnellwüchsigen Pflanzen (*Campanula*, *Pelargonium*), eine Knospensucht (Polycladie) als Korrelationserscheinung auftreten.

Bei Siechtum oder Verlust der blühenden Äste bilden sich bisweilen an der Basis der Stengel kleine fleischige Kuchen aus dichtgedrängten Knospenanlagen, von denen einzelne sich zu schwächlichen Zweigen verlängern. Bei kränkelnden Gehölzen erschöpft sich manchmal das Wachstum durch fortdauernde Neubildung von kurzen Zweigen, weil die Blütenachse sich nicht weiter verlängert, sondern unter Vergilbung zum Stillstand kommt. Bei *Calluna vulgaris* fanden wir an Stelle langer, blütentragender Äste blütenlose Zweignester von pyramidaler Form, die auch als Hexenbesen anzusprechen wären.

In anderen Fällen entsteht Polycladie und Buschform durch Entwicklung normal angelegter, aber bisher schlafend gebliebener Seitenaugen bei Verletzung der Gipfelknospen. Dies findet z. B. bei dem Verbeifsen durch Wild statt. Bei Kiefern entstehen durch Entwicklung der Scheidenknospen die sog. „Rosettentriebe“, welche die Krone buschförmig machen; ähnlich erscheinen die sog. „Kuhbüsche“ bei Verletzung von Buchen, Erlen usw. durch Weidevieh.

Zahlreich sind die reinen Knospenvariationen, bei denen ohne jede erkennbare Ursache in einzelnen Zweigen das Längenwachstum beschränkt wird und dafür eine reichere und schnellere Entwicklung von Seitenzweigen sich einstellt. Von den eigentlichen Hexenbesenformen ist man zurzeit geneigt, die zahlreichen kugeligen Büsche der Fichtenhexenbesen hierher zu rechnen [1]). Die meisten Beispiele liefern die vielen Kulturvarietäten unserer Gärten in den sog. Kugelformen der Nadelhölzer und in den Zwergformen der Blütensträucher. Bei den kurzlebigen Sommergewächsen (*Ageratum*, *Zinnia*, *Tagetes* usw.) sehen wir, dafs der Zwergwuchs zur samenbeständigen, erblichen Eigenschaft werden kann.

Die Dichtsaat.

Eine Beschränkung des Bodenraumes und ein Kampf um Wasser und Nährstoffmaterial kommt bei einer zu dichten Saat stets zustande. Der Kampf der Pflanzen miteinander um ihre Nahrung tritt am frühesten und schärfsten in den sandigen Böden ein. Aufser der Verzwergung der einzelnen Exemplare kommt die Schwächung des Reproduktionsaktes besonders in Betracht. Derselbe äufsert sich nicht blofs in der Verminderung des Blütenansatzes, sondern auch in der Veränderung des Blütencharakters und wird für die Kultur namentlich dadurch empfindlich, dafs statt der weiblichen Blüten vorherrschend männliche entstehen. Hier spricht besonders der unvermeidliche Stickstoffmangel mit. Je gröfser die Stickstoffzufuhr, desto reichlicher die plasmareichen Meristeme.

Hoffmann [2]) gibt die Resultate vielfacher Anbauversuche, welche

---

[1]) Tubeuf und Schröter, Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft. 1905. S. 254.

[2]) H. Hoffmann, Über Sexualität. Bot. Zeitung 1885. Nr. 16.

sowohl in Töpfen, als auch im freien Lande behufs Feststellung des Einflusses der Dichtsaat bei verschiedenen Pflanzen ausgeführt worden sind. Es kamen dabei auf 100 Weibchen zur Entwicklung an Männchen:

von	bei dichter Saat	bei lockerem Stande der Pflanzen
Lychnis diurna	233	125
„ „	200	77
Lychnis vespertina	150	73
Mercurialis annua	100	90
Rumex Acetosella	152	81
Spinacia oleracea im Mittel von mehreren Aussaaten	283	76

Bei *Cannabis* erhielt er widersprechende Resultate, was seine Erklärung finden würde, wenn man die Angaben von Fisch[1]) berücksichtigt, daſs die Geschlechtsverhältnisse bei Hanf schon im Saatgut vorher fixiert seien, also äuſsere Einflüsse keine Änderungen mehr hervorzurufen vermögen. Belhomme behauptet, daſs die Form der Hanfsamen schon einen Schluſs auf das Geschlecht der späteren Pflanzen zulasse, indem die länglichere oder kugeligere Gestalt, wie bei den Vogeleiern, auf ein männliches oder weibliches Individuum hinweise.

Da die bei Dichtsaat sich einstellenden Erscheinungen im wesentlichen sich auf Nährstoffmangel zurückführen lassen, werden wir weitere Beispiele bei Besprechung des Stickstoffmangels herbeiziehen.

2. Unpassende Bodenstruktur.

a) Leichte Böden.

Nachteile des Sandbodens.

Die Art der Aneinanderfügung der einzelnen Bodengemengteile bezeichnen wir als Strukturverhältnisse. Wenn einfach die Bodenbestandteile in einzelnen Körnern übereinandergelagert sind, werden wir von einer Einzelkornstruktur sprechen; bei unsern Kulturböden jedoch finden sich die einzelnen Bodenteilchen zu verschiedenartigen Aggregaten vereinigt, und dann bezeichnen wir den Zustand als Krümelstruktur. Während im ersteren Falle jedes Bodenkorn eine einheitliche Beschaffenheit hat, sind die Bodenkörner im zweiten Falle porös und nicht einheitlich zusammengesetzt, daher leichter umzuändern. Daſs sich bei verschiedenartiger Beschaffenheit des Bodens Krümelbildung einstellt, beruht auf dem Gehalt an löslichen Salzen, auf der Tätigkeit der Tierwelt im Boden und der Wirkung der Pflanzenwurzeln und ihrer Ausscheidungen, sowie auf den physikalischen Prozessen der Bodenbearbeitung. Je nach der Gröſse der einzelnen Bodenkörner und der Form ihrer Lagerung werden die Zwischenräume verschieden groſs sein. Ramann berechnet die Gröſse des Porenvolumens gleichgroſser Bodenpartikelchen, je nachdem sie gleichmäſsig reihenweise übereinander oder zwischeneinander gelagert sind, schwankend zwischen 47,64 % (lockerste Lagerung) und 25,95 % des Gesamtvolumens (dichtestes Gefüge)[2]).

Während bei der Krümelstruktur wegen der verschiedenen Einzelbestandteile, welche die Krümel zusammensetzen, durch mechanische

[1]) Fisch, Ber. der Deutsch. Bot. Gesellsch. 1887. Bd. V, Heft 3.

[2]) Ramann, Bodenkunde, II. Aufl., S. 222. Berlin, J. Springer, 1905.

und chemische Einflüsse eine fortwährende Veränderung in Gröfse und Lagerung stattfindet, ist bei der Einzelkornstruktur, die im Stein- und Sandboden am schärfsten ausgeprägt ist, das physikalische Verhalten ein gleichmäfsigeres und daher für die Kultur am bedeutungsvollsten.

Über den Einflufs wirklicher Steinböden und die Veränderungen, welche die Wurzeln durch Hineinwachsen in Gesteinsspalten erleiden können, ist bereits früher gesprochen worden. Die Schädigungen der Vegetation, welche durch das zu lockere Gefüge des für den Wurzelkörper zur Verfügung stehenden Steinbodens veranlafst werden, erscheinen gemildert, wenn die Steinblöcke durch Verwitterung zu Geröllböden werden. Es entstehen, namentlich bei leicht zersetzbaren Gesteinen (manche Granite, Gneise, Syenit usw.) feinerdige Bestandteile, welche den Wurzeln reichere Nahrung und gröfsere Befestigung bieten. Der schädlichst wirkende Faktor ist neben der starken Erwärmbarkeit die grofse Trockenheit, welche die Zersetzung der organischen Substanzen verhindert und zur Bildung von Rohhumus und unter Umständen später zur Moorbildung führen kann. Mit diesen Verhältnissen hat namentlich die Waldkultur im Gebirge zu rechnen. Für die Feldkulturen in der Ebene kommen die S a n d b ö d e n in Betracht. Sobald dieselben gröfsere Beimengungen von tonigen Stoffen haben (lehmige Sande) oder von Humus besitzen (humose Sande), werden sie zu unsern bestproduzierenden Kulturböden und finden daher hier keine weitere Berücksichtigung. Die sandigen Bodenarten werden nur dann der Kultur feindlich, wenn der Sand wirklicher Quarzsand ist und entweder rein oder in einem extrem hohen Prozentsatz (70—90 %) vorhanden ist.

In solchen Fällen ist in erster Linie das geringe Absorptionsvermögen als Kulturhindernis zu nennen. Die Krankheiten, welche durch Wasser- und Nährstoffmangel hervorgerufen werden, sind dem Sandboden vorzugsweise eigen. Je mehr tonige und humushaltige Beimengungen sich vorfinden, desto mehr schwindet die Gefahr, soweit sie nicht durch Auswaschen erheblicher Mengen leicht löslicher Mineralstoffe in anderer Weise wieder hervorgerufen wird.

Ein solches A u s w a s c h e n wird um so schneller erfolgen, je mehr die an sich bei der starken Erwärmbarkeit und Durchlüftung leichte Zersetzung der organischen Substanzen noch durch andere Umstände gesteigert wird. Daher mufs man besonders vorsichtig mit der Freistellung und S t r e u e n t n a h m e in Waldungen sein. Bei dichten Sandböden straft sich die Fortführung der die Feuchtigkeit zurückhaltenden Streu oftmals dadurch, dafs die noch vorhandene organische Substanz nur noch sehr wenig durch atmosphärische Einflüsse und Bakterien zersetzt wird und als R o h h u m u s sich ansammelt, der schliefslich zur Ortsteinbildung Veranlassung geben kann. Nach Ramann können in tieferen Lagen die Rohhumusablagerungen allmählich zur völligen Versumpfung führen, wie die grofsen Moore Norddeutschlands zeigen, die fast ausnahmslos aus der Versumpfung ursprünglich von Wald bestandener Flächen hervorgegangen sind. Der Humus wird erst wohltätig durch seine Mischung mit dem Sande, indem dann die Krümelung des Bodens und sein Wassergehalt gesteigert, seine Erwärmungsfähigkeit herabgedrückt wird.

Eine wesentliche gefahrdrohende Eigenschaft der sandreichen Bodenarten ist eben die starke Erwärmbarkeit und Ausstrahlungsfähigkeit. Reiner Sand besitzt das stärkste Wärmeausstrahlungsvermögen und infolgedessen auch die gröfste B e t a u u n g s f ä h i g k e i t. Wärme-

aufnahme sowie -ausstrahlung werden geringer, je feinkörniger und weifser der Sand ist. Sand der letzteren Art ist solcher, der z. B. reich an Kalkkörnchen ist, während unter den gefärbten Sandarten diejenigen, welche reich an Eisenoxydhydrat sind, sehr warm werden und langsam abkühlen, also sich ähnlich wie tonhaltige Sande verhalten.

Mit den grofsen, dem Sande eigenen Temperaturschwankungen verbindet sich die schlechte Leitungsfähigkeit für Wärme. Infolge der schwierigen Ausgleichung hält er zwar seinen Untergrund bei gleichmäfsigerer Temperatur, indem er ihn im Winter wärmer, im Sommer kühler als unter bindigerer Bodendecke läfst; allein er selbst schadet um so mehr durch vergröfserte Frostgefahr. Die schnelle Erwärmbarkeit in den Frühlingstagen lockt die Vegetation zeitig heraus, und die nächtliche starke Abkühlung schadet, während die später erwachende Pflanzenwelt auf wasserhaltenden, tonreichen Bodenstellen unversehrt bleibt.

Die gröfste Beschädigung erwächst den Kulturen aber da, wo die mangelhafte Kohärenz des Sandes mit sehr feiner Beschaffenheit desselben zusammenfällt. Wir haben es dann mit Flugsand zu tun, dessen regelmäfsige Schädigungen man an den Dünen wahrnehmen kann. Wenn auch die Dünen die scharfen Seewinde für den Pflanzenbestand in der Nähe der Küsten weniger empfindlich machen, so schaden sie doch dadurch, dafs sie immer mehr landeinwärts, die Kulturen versandend, fortschreiten. Dafs der nachts herrschende Landwind den Sand, den der am Tage wehende Seewind übergefegt hat, nicht zurückjagen kann, erklärt sich dadurch, dafs bei der starken Betauungsfähigkeit der Sand gegen Abend bald feucht wird. Wenn bei der Gefahr des Versandens künstliche Schutzvorrichtungen zu kostspielig sind, mufs man sehen, die beweglichen Sandberge auf natürliche Weise zu festigen. Hier sind die Sandgräser in erster Linie schätzenswert, da sie durch die schnelle Wurzelentwicklung an den Knoten der verschütteten Stolonen immer wieder an die Oberfläche kommen und diese Oberfläche zusammenhalten. *Arundo arenaria* L. und *Elymus arenarius* L. dürften am häufigsten anzutreffen sein; aufserdem empfehlen sich *Arundo baltica* Schrad., *Carex arenaria* L. und, bei genügender Feuchtigkeit, wohl auch unsere Quecke. Unter den Dikotyledonen ist *Hippophaë rhamnoides* L. ganz vorzüglich; je nach den Beimengungen im Sandboden darf man auch mit *Salix arenaria* L., *Lycium barbarum* L., *Ulex europaeus* L. und den kalkliebenden *Genista*-Arten Versuche wagen.

Gleichviel, ob wir es mit Sandflächen im Binnenlande, wie in der Mark, Oldenburg und Hannover oder mit Dünensand zu tun haben, so mufs doch immer die erste Anpflanzung behufs Festigung mit niedrigem, schnellwachsendem Material stattfinden. Dort, wo die Natur im Laufe der Jahre selbst eine dünne Vegetationsdecke übergelegt hat, schone man dieselbe mit allen nur möglichen Mitteln; denn man hat für das endliche Hauptziel aller Kulturbestrebungen, nämlich die Errichtung eines Schutzwaldes, eine nicht hoch genug zu schätzende Basis. Mag die Vegetationsdecke noch so mager sein, so hält sie doch den Sand und gestattet die Anpflanzung junger Kiefern, die durch ihre tiefgehenden Wurzeln mit den magern Ernährungsverhältnissen am besten fürlieb nehmen. Anfangs sehe man nur auf die Erzielung von Strauchvegetation und gehe erst hinter dieser landeinwärts zur Anzucht der Baumform über. Stets werden sich auf der Seeseite bei allen Holzgewächsen eine Menge Zweige zeigen, die durch den Wind absterben. Das wichtigste

Kulturmittel ist, diese toten Zweige stehen zu lassen. An ihnen bricht sich der Seewind und sie bilden eine natürliche Schutzwehr, hinter welcher das Laub sich dann lebensfähig erhält.

Senkung des Grundwasserspiegels.

Zu den Erscheinungen, die sich in den Sandböden am verhängnisvollsten erweisen, gehört die durch Kanalbauten und Flufsregulierungen stets häufiger eintretende Senkung des Grundwasserspiegels. Im Gegensatz zu der in den oberen Erdmassen festgehaltenen „Bodenfeuchtigkeit“ bildet das in die Tiefe absickernde und auf undurchlässigen Bodenschichten sich ansammelnde Grundwasser den Reservevorrat für die Wurzeln in Zeiten anhaltender Trockenheit.

In solchen Gegenden, die, wie das Alpengebiet und die bayrische Hochebene, eine hohe absolute Menge der Niederschläge und geringere Verdunstung haben, erlangen die von dem Verlauf der jährlichen Niederschläge beherrschten Schwankungen des Grundwasserspiegels für die Vegetation nur geringe Bedeutung. In Gegenden aber mit geringen absoluten Niederschlagsmengen und hoher Verdunstung, wo die jährlichen Grundwasserschwankungen von der Verdunstungsgröfse abhängig sind, wie z. B. im norddeutschen Flachlande, und wo der gleichmäfsige Abfall der Grundwasserkurve auf ein allmähliches Abfliefsen durch Quellen und Flüsse hindeutet (s. Ramann a. a. O. S. 275), wird eine Tieferlagerung des Wasserspiegels von Kanälen und Flüssen von äufserst schwerwiegendem Einflufs. Der Boden trocknet gegen den Herbst hin stark aus, und die Vegetation ist auf das kapillar festgehaltene Wasser angewiesen, das um so geringer wird, je sandiger und grobkörniger das Erdreich ist. Ohne den Zuschufs des Grundwassers kann sich dauernd der Baumwuchs nicht halten.

Wenn auch der Grundwasserspiegel im Laufe der Jahre in seiner durchschnittlichen Höhe etwa um einen halben Meter schwankt, so gleicht sich doch ein Tiefstand alsbald wieder aus, und die Vegetation hat sich diesen Verhältnissen angepafst. Der Wassergehalt und das Wasserbedürfnis der Pflanzen stehen im Zusammenhang mit den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens, wie Hedgcock[1]) durch Vergleichskulturen in Quarzsand, Lehm, Salzboden, Humus usw. gezeigt hat.

Von dem Wassergehalt des Bodens und der Pflanze hängt auch die Wurzeltätigkeit ab, und diese Tätigkeit ist keineswegs nur eine passive, sondern wie Sachs[2]) und spezieller noch Molisch[3]) gezeigt haben, durch die Wurzelausscheidungen auch eine wesentlich aktive, das anorganische und das organische Bodenmaterial zersetzende. Letztgenannter Forscher macht in dieser Hinsicht auf den Umstand aufmerksam, dafs unverletzte Wurzeln in Berührung mit einer verdünnten Lösung von übermangansaurem Kali sich mit einem Niederschlag von Braunstein bedecken, also der Lösung den Sauerstoff entreifsen. Mit Stengeln und Blättern gelingt der Versuch nicht. Auf leicht oxydable Körper, wie z. B. Guajak, Pyrogallussäure und Humus,

[1]) Hedgcock, G. G., The Relation of the Water Content of the Soil to certain Plants etc. Botanical Survey of Nebraska. VI. Studies in the Vegetation of the State. 1902.

[2]) Experimentalphysiologie S. 189. Bot. Zeit. 1860, S. 188.

[3]) Molisch, H., Über Wurzelausscheidungen und deren Einwirkungen auf organische Substanzen. Sitzb. Kais. Akad. d. Wiss., Wien I. Abt., Okt. 1887.

wirkt das Wurzelsekret oxydierend. Eine Guajakemulsion wird dadurch gebläut. Das Wurzelsekret betrachtet MOLISCH als einen Autoxydator, der durch passiven molekularen Sauerstoff oxydiert wird, hierbei Sauerstoff aktiviert und damit die Verbrennung leicht oxydabler Körper veranlafst. In Gegenwart von Gerbstoffen (Pyrogallussäure, Gallussäure, Tannin), die leichter oxydabel sind als das Guajakharz, erfolgt die Bläuung nicht; ebenso unterbleibt sie bei Anwesenheit der sauerstoffgierigen Humussubstanzen. Wurden vollständig unversehrte Wurzeln in verdünnte Rohrzuckerlösungen eingetaucht, zeigte sich nach einigen Stunden reduzierender Zucker; wahrscheinlich wird diese Umwandlung durch ein von der Wurzel ausgeschiedenes Ferment veranlafst. Stärkekleister, auf wachsende Wurzeln von Keimlingen gebracht, zeigte nach wenigen Stunden nicht mehr die Stärkereaktion, sondern färbte sich durch Jod rotviolett; es war also durch die Berührung mit der Wurzel die Stärke zunächst in Erythrodextrin übergeführt worden und konnte in reduzierenden Zucker übergehen.

Die an der Spitze der Wurzelhaare wahrnehmbaren Wurzelausscheidungen durchtränken nicht nur die Membranen der Zellen, sondern können bei reicher Wasserzufuhr und herabgedrückter Transpiration in Tröpfchenform in die Umgebung der Wurzel übertreten und mit ihren Säuren (sie röten die blaue Lackmuslösung) die Mineralien anätzen und die organischen Stoffe zersetzen. Diese Wurzelarbeit läfst mit der steigenden Trockenheit nach. Wurzeln, die an einen durchfeuchteten Standort gewöhnt, in einen trockenen gebracht werden, arbeiten, wenn die Pflanze einmal bis zum Welken gekommen ist, auch nach Wasserzufuhr nicht mehr so energisch betreffs ihrer Wasseraufnahme als solche, welche eine Welkperiode nicht durchzumachen hatten. HEDGCOCK meint, dafs die Wurzelhaare sogar absterben.

Wie grofs die Energiemenge ist, welche zur Wasserhebung, zum Einbohren in den Boden und zu den andern Lebensäufserungen bei einer Wurzel erzeugt wird, kann man aus der Kohlensäureproduktion schliefsen. KOSSOWITSCH[1]) hat darüber quantitative Bestimmungen geliefert. Er fand bei Wasserkulturen von Senfpflanzen, dafs dieselben für die in ihren Wurzeln vor sich gehenden Lebensprozesse ungefähr dreimal so viel Kohlenstoff assimilieren mufsten, als zur Bildung des Wurzelapparates selbst nötig war.

Die Stärke der Wurzeltätigkeit, namentlich ihre Arbeit des Wasserhebens, dürfte auch von den Temperaturdifferenzen zwischen den Medien abhängen, in denen die oberirdischen und die in der Erde befindlichen Pflanzenteile sich befinden. Je gröfser diese Differenz, desto energischer die Arbeitsleistung. Und wie grofs solche Unterschiede sein können, beweisen die Messungen von MACDOUGAL[2]) im Botanischen Garten zu New-York. Er fand im Juni die Bodentemperatur in 30 cm Tiefe zeitweise um 20° C. geringer als die der Luft. Natürlich wird der Wassergehalt des Bodens dabei ausschlaggebend, und die Differenzen schwächen sich in dem Mafse ab, als der Boden trockner und der Luft zugänglicher wird. Die wasserhaltende Kraft, und bei Sandboden damit

---

[1]) KOSSOWITSCH, P., Die quantitative Bestimmung der Kohlensäure, die von Pflanzenwurzeln während ihrer Entwicklung ausgeschieden wird. (Russ. Journal f. experim. Landwirtschaft, 1904, Bd. V, cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1905, Heft 6, S. 367.)

[2]) MACDOUGAL, D., Soil temperatures and vegetation. Repr. Monthly Weather Review for August 1903, cit. JUST, Bot. Jahresb. 1903, II, S. 557.

auch die Produktionsgröße, wird bei gleichem Bodenmaterial von der Körnerstruktur abhängen und um so größer sein, je feinkörniger der Sand ist. Wir haben darüber Versuche von LIVINGSTON[1]) und JENSEN, welche verschiedene Pflanzenspezies unter sonst gleichartigen Verhältnissen in einem Boden kultivierten, der verschieden große Quarzkörner in den einzelnen Versuchsreihen beigemengt erhielt. Es zeigte sich, daß das beste Wachstum stets dort eintrat, wo der Quarzsand sehr feinkörnig war.

Durch die vorstehenden Beobachtungen gewinnen wir einen Einblick in die Störungen, die sich in der Tätigkeit der Pflanzenwurzel einstellen müssen, wenn das Wasserkapital einer Gegend dadurch sinkt, daß der Grundwasserspiegel tiefer gelegt wird. Ein alter Baumbestand lebt davon, daß ein Teil seiner tiefgehenden Wurzeln in dem Grundwasserniveau sich befindet, und den Verdunstungsverlust der Kronen in Zeiten zu decken vermag, wo das Bodenwasser durch längere Trockenperioden auf ein Minimum reduziert ist. Die in den von Grundwasser durchzogenen Erdschichten entstandenen Wurzeln sind diesen Verhältnissen angepaßt und gehen zugrunde oder funktionieren nur mühsam weiter, wenn sie der Trockenheit dauernd ausgesetzt sind. Es leidet nicht nur die Ökonomie des Baumes durch ungenügende Wasser- und Nährstoffzufuhr, sondern auch der Boden selbst, indem, ganz abgesehen von der Lahmlegung der Bakterienarbeit, die die Zersetzung des Bodenkapitals bewirkende Ausscheidungsfähigkeit der Wurzelhaare und Wurzelspitzen aufhört. Der Boden „verhagert", und die Bäume beginnen an der Peripherie ihrer Kronen tote Äste zu zeigen. Da auf den absterbenden Teilen Parasiten sich ansiedeln, welche die Zerstörung der Gewebe vervollständigen, so wird in der Mehrzahl der Fälle diese Gipfeldürre als eine rein parasitäre Krankheit erklärt und dementsprechend behandelt.

Das Absterben der Erlen.

Am empfindlichsten gegen Grundwassersenkungen erweisen sich die Erlen, und es ist unschwer, in der Nähe neugezogener Kanäle oder regulierter Flußläufe kranke Erlenbestände zu finden. Eine sehr beachtenswerte Studie über das Erlensterben hat APPEL[2]) in den Arbeiten der K. Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft zu Dahlem bei Berlin (1905) geliefert. Er fand auf den absterbenden Zweigen eine Art aus der als Bewohner siecher oder toter Zweige bekannten Gattung Valsa, nämlich *Valsa oxystoma*, und erkannte, daß dieser Pilz nur dann parasitär wird, wenn die Erlen durch abnorme Umstände zu einer empfänglichen Unterlage werden. Nachgewiesenermaßen ist der hauptsächlichste disponierende Faktor die Trockenheit. Auch andere Ernährungsstörungen (Wurzelverletzungen, Ringelung usw.) vermögen eine Disposition für die Angriffe des Pilzes zu schaffen; aber eine Kräftigung der Erle in ihren Funktionen führt die Heilung der Krankheit herbei. Wenn man ein Erlensterben auf anscheinend nassen, undurchlässigen, eisenschüssigen Böden findet, so ist dennoch die Trockenheit als Ursache zu bezeichnen. Auf derartigen Böden kann die Erle mit ihren Wurzeln nur sehr flach streichen, und bei anhaltend

---

[1]) LIVINGSTON, B., und JENSEN, G., An Experiment on the Relation of Soil Physics to Plant Growth. Bot. Gaz. vol. XXXVIII, cit. Bot. Centralbl. 1904, Nr. 50, S. 617.

[2]) Vorläufige Mitteilung in d. Naturwiss. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft. 2. Jahrg. 1904.

trockener Witterung stellt sich in den oberen Bodenschichten ein gänzlicher Wassermangel ein, auf den die Erle sofort mit Vertrocknen des Laubes antwortet. Ein weiteres reiches Beweismaterial liefert bedauerlicherweise der Tiergarten bei Berlin, dessen schöner Baumbestand, darunter namentlich die Eichen, einen unaufhaltsamen Rückgang zeigt.

Natürlich brauchen nicht immer Kanal- und Flufsregulierungen die Senkung des Grundwasserspiegels zu veranlassen. Für den Alten Botanischen Garten in Berlin beispielsweise war die Anlage der Untergrundbahn die Ursache des Versiegens des Wassers in den Teichen und der nunmehr schnell fortschreitenden Gipfeldürre. In anderen Fällen sahen wir mit dem Anwachsen der Ziegeleien und Tongräbereien in der Nähe von Waldbeständen das Absterben der Erlen zunehmen, weil die tiefen Tongruben das Wasser aus dem Walde gezogen hatten.

Man verschliefst sich vielfach noch dem Hinweise auf die gefährlichen Folgen der Senkung des Grundwasserspiegels für unsere Baumbestände und betont, dafs dieselben Baumarten, die auf entwässerten Böden an Gipfeldürre leiden, doch in sehr trocknen Lagen gut gedeihen. Bei diesen Einwänden vergifst man aber, dafs nicht die Wasserarmut an sich das Eingehen der Bäume bedingt, sondern der schroffe Übergang von bisher reichlicher Bewässerung zu grofser Trockenheit in den tieferen Bodenlagen. Wir können alle unsere Bäume auf sehr trockenen Böden anpflanzen, und der Organismus entwickelt sich dann den entsprechenden Vegetationsfaktoren gemäfs, indem die Blätter klein und derb und die Internodien kurz werden; aber wir können meist nicht ungestraft plötzliche grofse Änderungen in den Wachstumsfaktoren vornehmen. Lassen sich derartige Störungen nicht vermeiden, ist unserer Ansicht nach die Regeneration des Baumbestandes das einzig wirksame Mittel. Junge Bäume zwischen die alten gepflanzt passen sich den veränderten Vegetationsbedingungen an.

Die Strafsenpflanzungen.

Für die Hygiene der Städte ist die Erhaltung des Baumbestandes an Strafsen und Plätzen von höchster Bedeutung. Die gröfste Schwierigkeit bietet die immer sorgfältiger werdende Pflasterung der Strafsen, bei denen die Zwischenräume zwischen den Steinen mit bindendem Material ausgegossen werden, falls nicht gar eine zusammenhängende Asphaltdecke den Boden abschliefst. Der Schaden für die Bäume liegt einerseits im Luftabschlufs, andererseits in der nicht hinreichenden Bewässerung, sobald es sich um ältere Bäume handelt. Für junge Pflanzungen ist die Baumscheibe, namentlich wenn sie durch übergelegte Eisengitter vor dem Festtreten geschützt ist, ausreichend. Alte Bäume sehen wir um so schneller absterben, je mehr sich zur Vervollkommnung des Strafsenpflasters eine Regulierung der Fufsgängerbahnen und Senkung des Grundwasserspiegels gesellt. Dazu kommt in den grofsen Städten die Durchwühlung des Bodens durch die Gas- und elektrischen Leitungen sowie durch die Kanalisationsröhren. Bei allen diesen Arbeiten ist ein Abhacken stärkerer Wurzeläste unvermeidlich.

Es wird also nicht nur durch die mannigfachen Röhrenleitungen der Raum für die Wurzelausbreitung beschränkt und der Boden noch mehr ausgetrocknet, sondern auch der Aufnahmeapparat der Bäume für Wasser verringert. Deshalb sehen wir die alten Bäume an den Strafsen allmählich unter Absterben der Astspitzen zugrunde gehen.

Die einzelnen Baumarten leiden nun in verschiedenem Maſse, und gerade die beliebteste, am meisten angepflanzte Baumart, die Linde, gehört zu den empfindlichsten Bäumen. Bei ihr äuſsert sich der Einfluſs der Trockenheit des Bodens, zu der sich noch die Lufttrockenheit gesellt, in vorzeitiger Entlaubung. Die groſsblättrige Linde leidet noch schneller als die kleinblättrige Linde, und es ist eine ganz bekannte Erscheinung, daſs in den Sommermonaten, wo der Bewohner der Stadt am meisten den Schatten sucht, Linden und Kastanien oft eine Zeitlang nur die äuſsersten Zweigspitzen noch beblättert haben; die älteren Blätter sind, von der roten Spinne überdeckt, vertrocknet und abgefallen. Die Stadtverwaltungen suchen durch reichliche Bewässerung der Baumscheiben dem Übelstande abzuhelfen und begünstigen damit den bei vorzeitiger Entlaubung vom Baum auch ohne künstliche Bewässerung eingeleiteten Prozeſs der Neubelaubung im Spätsommer. Dabei werden Knospen zur Entfaltung gebracht, die eigentlich erst im nächsten Jahre sich entwickeln sollten, und es kommt unter solchen Umständen manchmal (*Aesculus*, *Robinia*) eine zweite Blütezeit zustande.

Viele der durch die Bewässerung hervorgerufenen Triebe reifen ihren Holzkörper nicht genügend aus und werden durch einen stärkeren Frost beschädigt. Daher finden wir in einzelnen Jahrgängen mitten im günstigen Frühsommer manchmal ein Zweigsterben unter Beteiligung von Pilzen. Der Winter nämlich hat solche wenig ausgereiften Zweige nicht getötet, wohl aber für die Pilzeinwanderung vorbereitet und die erste Veranlassung zu einem späteren Absterben gegeben. Verwandt mit den hier berührten Erscheinungen ist unserer Ansicht nach auch das in den letzten Jahren vielfach die Forscher beschäftigende Kirschbaumsterben am Rhein[1]). Wie bei den Erlen spielt auch hier eine *Valsa (V. leucostoma)* eine Rolle. Wir kommen auf diesen Fall in dem Kapitel über Frostbeschädigungen wieder zurück.

Derartigen Übelständen bei der Straſsenbepflanzung versucht man durch die Wahl weniger empfindlicher Baumarten vorzubeugen. In erster Linie sind als solche die Ulmen zu empfehlen, die auch den Vorteil haben, gegen die sauren Rauchgase sehr widerstandsfähig zu sein. Je nach der Bodenart sieht man auch Eichen und Platanen mit Vorteil verwendet. In breiten und luftigen Straſsen zeigt auch *Acer platanoides* ein gutes Gedeihen, leidet aber öfter an Honigtau. Die Robinie, namentlich die Form der sog. Kugelakazie, bleibt bei groſser Trockenheit noch gut belaubt, bietet aber wenig Schatten, belaubt sich spät und entlaubt sich meist schnell im Herbst. Alsdann ist eine Erweiterung der Bewässerungsvorrichtungen ins Auge zu fassen, indem man in derjenigen Entfernung von den Stämmen, in welcher die jüngeren Wurzeln zu finden sind, Drainröhren etwa $1/2$ m unter dem Pflaster hinzieht und bei Bedürfnis aus Hydranten speist. Dabei ist jedoch aufmerksam zu machen, daſs die Bewässerung durch Drainstränge nur in den heiſsen Sommermonaten zur Anwendung gelangen darf, weil sonst Wasserüberfluſs im Boden sich einstellen dürfte, dessen Folgen viel verhängnisvoller als die des Wassermangels werden. Endlich glauben wir namentlich da, wo nur Bewässerung durch Baumscheiben ausführbar ist, das nächtliche Spritzen der Baumkronen empfehlen zu sollen.

Auf die in Aussicht genommene Bewässerung durch Drainstränge kommen wir nochmals zurück, indem wir betonen, daſs wir dieselbe

[1]) S. Deutsche Landwirtschaftl. Presse 1899, Nr. 83, 86, 99, und 1900, Nr. 18.

nur für leichte Böden mit durchlässigem Untergrunde empfehlen. Bei schweren Böden wird das mechanisch funktionierende Arbeiterpersonal ständig weiter bewässern, wenn der Boden noch mit Wasser beladen ist, und es treten dann unfehlbar die an anderer Stelle geschilderten Nachteile des Sauerstoffmangels und Kohlensäureüberschusses ein, wodurch die Baumwurzeln zur Fäulnis gebracht werden. Als ein einziges warnendes Beispiel sei an dieser Stelle nur das Ergebnis der Studien von MANGIN[1]) angeführt, der sich speziell mit dem mangelhaften Gedeihen der Bäume in den städtischen Anlagen beschäftigt hat. Er sah bei solchen verschlämmten Böden den Kohlensäuregehalt der Bodenluft von 1 % bis auf 5 und 8, ja sogar bis 24 % gesteigert und den Sauerstoffgehalt auf 15, 10, 6 und selbst auf 0 % zurückgehen. Dafs unter solchen Umständen alle Bäume absterben, ist selbstverständlich. (Vergl. „Zu tiefes Pflanzen der Bäume“, S. 95.)

Wirkungen der Dürre bei den Feldfrüchten.

Die gerade auf Sandböden am schnellsten sich geltend machenden Folgen eines anhaltenden Wassermangels bei grofser Hitze richten sich natürlich nach dem Zeitpunkt des Eintritts der Trockenperiode. Dieselbe ist am gefährlichsten, wenn sie sich, wie im Jahre 1904, schon im Mai, also zur Zeit der Entwicklung der vegetativen Organe, einstellt, weil dann der Apparat, der das Material für die Fruchtausbildung liefern soll, in seiner Tätigkeit herabgedrückt wird.

Bei Getreide leidet unter unseren Kulturverhältnissen bei den üblichen Bestellungszeiten am meisten die Sommerung. Dies wird verständlich, wenn man bedenkt, dafs die im Herbst hergerichteten Wintersaaten die ganze Herbstzeit und den ersten Frühling benutzen können, um ihren Wurzelapparat reichlich auszubilden und eine genügende Bestockung zu erlangen; sie geniefsen dabei die ungestörte Tätigkeit ihrer unteren Blätter. Mithin tritt die Wintersaat kräftig und wohlvorbereitet der Trockenperiode entgegen, während die Sommersaat selbst dort, wo sie normal aufgehen konnte, in viel jugendlicherer Entwicklung in die heifse, wasserlose Periode hineinkommt. Demgemäfs reifen die Blätter vorzeitig ab; ihre Arbeitszeit ist also eine beschränkte, und wenn die Pflanzen ihre Blüten entwickeln und ihre Fruchtknoten wirklich ausbilden, so ist doch verhältnismäfsig nur spärlich organische Substanz zum Füllen des Kornes vorhanden. Das Endosperm ist nur mangelhaft mit Stärke gefüllt; die Körner sind schmal und leicht.

Der zweite wirtschaftliche Schaden ist die Kürze des Strohes. Am meisten zeigt sich dies bei dem Sommerhafer, der auf leichten Böden rothalmig und kaum fufshoch wird und statt der vollen Rispen nur wenige Ährchen zur Ausbildung bringt. Geringere Schädigungen weist die Gerste auf; dann folgt Weizen und schliefslich der Roggen, der am widerstandsfähigsten ist. Wenn die Trockenperiode schon zur Zeit der Einsaat sich geltend macht, erfolgt ein verspätetes und ungleichmäfsiges Aufgehen der Saat, das zu „Zwiewuchs“, d. h. einem ganz unregelmäfsigen Ausreifen des Getreides führt. Zur Erntezeit finden sich dann zwischen den ausgereiften viele noch grüne Halme. Letztere stammen von den bei der Saat obenauf liegen gebliebenen Körnern.

---

[1]) MANGIN, L., Vegetation und Durchlüftung des Bodens. Annal. scienc. agronom. 2. sér., 1896; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1898, S. 638.

die zunächst regungslos sich verhielten, während die tiefer eingebrachten noch Bodenfeuchtigkeit genug zur baldigen Keimung fanden.

Hierbei kommen manchmal äufserst begrenzte lokale Verhältnisse zur Wirksamkeit. So kann beispielsweise eine Vorfrucht dem Boden schon mehr Wasser entzogen haben als eine andere, oder aber eine Kalidüngung verteilt sich ungleichmäfsig und erhält an den Stellen, wo sich Salz angehäuft hat, den Boden feuchter. Auch die ganze Entwicklung der Pflanze wird dadurch geändert. Mit der Konzentration der Nährstofflösung sah ich unter sonst gleichen Verhältnissen den Wurzelapparat sich verkürzen und den Wasserbedarf der Pflanze geringer werden, was bei den durch Trockenheit gefährdeten Böden von grofser Bedeutung ist.

Bei dem Zuckerrübenbau und bei allen den Gemüsen, die als Sämlinge in kleinen Räumen angezogen und dann auf das Feld gepflanzt werden, macht sich in erster Linie die Bodentrockenheit durch Erschwerung oder Verhinderung des Anwachsens der Pflänzlinge geltend, da sich bei der Trockenheit keine neuen Würzelchen zu bilden vermögen. Sodann kommt das Vertrocknen des Laubkörpers in Betracht, wodurch die Ausbildung der Rübe zum Stillstand gelangt. Die Erfahrung[1]) lehrt, dafs, wie bei dem Getreide, gut gedüngte Felder die Trockenheit besser überstehen. Auch die Varietäten scheinen dabei mitzusprechen; es wurde beobachtet, dafs bei den Zuckerrüben die Sorten mit flach ausgebreitetem Laube mehr welken als die mit steil aufsteigenden Blattstielen.

Der Einflufs langanhaltender Dürre bei den Kartoffeln kommt nicht so sehr bei dem Ansatz der Knollen als bei deren Ausbildung zur Geltung. Die Knollen bleiben klein und werden notreif. In der Regel kommt die Notreife bei den Frühkartoffeln wirtschaftlich weniger in Betracht, weil diese ihrer Natur nach auf eine kürzere Vegetationsperiode eingerichtet sind und weil zweitens sie schnell konsumiert werden. Nur die Notreife der Spätkartoffeln ist verhängnisvoll, weil die Füllung des Knollenkörpers mit Stärke mangelhaft und dadurch die Haltbarkeit der Knolle sehr beeinträchtigt wird.

Schwere wirtschaftliche Nachteile erzeugt die anhaltende Bodendürre bei den Leguminosen, soweit sie als Futterpflanzen angebaut werden. Klee und Luzerne brennen teilweise aus oder versagen den zweiten Schnitt. Bei den Obstbäumen sind die Notreife und geringe Haltbarkeit der Früchte sowie vorzeitige Entlaubung die häufigsten Vorkommnisse.

Unter den speziellen Schädigungsformen, welche bei langdauernder, intensiver Trockenheit, namentlich in leichtem Boden, sich einstellen können, verdient eine eingehendere Besprechung die

Durch Trockenheit unterbrochene Keimung.

Der Fall, dafs Wassermangel eintritt, nachdem das Samenkorn bereits die ersten Stadien der Keimung durchlaufen, ist seltener bei der Aussaat der trockenen Samen ins freie Land zu fürchten, als vielmehr dort, wo vor dem Gebrauch ein Einquellen des Saatgutes stattgefunden hat. Die Nachteile einer solchen Störung in der Ent-

---

[1]) Jahresberichte d. Sonderausschusses für Pflanzenschutz. Deutsche Landw. Ges. 1904.

wicklung des jungen Individuums sind je nach der Samenart und je nach dem Entwicklungsstadium, in welchem die Unterbrechung erfolgt, verschieden. Nach WILL's[1]) mehrfachen Aussaatversuchen mit Samen von Monokotyledonen und Dikotyledonen scheinen die Samen der ersteren im allgemeinen etwas widerstandsfähiger zu sein. Namentlich sind die unbespelzten Cerealien (Weizen und Roggen) gegen eine während der Keimung eintretende Trockenheitsperiode wenig empfindlich; Gerste und Hafer sind dagegen schon leichter zu Schaden zu bringen, und sehr wenig Widerstandskraft gegen eine Unterbrechung der Keimung zeigt der Pferdezahnmais. Schon SAUSSURE[2]) fand, dafs der Mais eine Austrocknung während der Keimperiode schlecht verträgt, und dafs die Bohnen, der Mohn und die Rapunzel sich ebenso verhalten. NOWOCZEK[3]), der seine Versuche in der Art ausführte, dafs er die Unterbrechung der Wasserzufuhr mehrmals an demselben Samen eintreten liefs, bis dessen Keimkraft ganz erloschen war, fand, dafs die Samen der Getreidearten sich gegen die wechselnden Einflüsse von Feuchtigkeit und Trockenheit resistenter verhalten als Raps, Lein, Klee und Erbsen, die ihre Keimkraft früher einbüfsten, aber immerhin doch einer Wiedererweckung ihrer Tätigkeit nach Austrocknung noch fähig waren. Bei den Gramineen vorzugsweise zeigte sich, dafs nach dem jedesmaligen Austrocknen die bereits gebildeten Würzelchen abstarben und die äufseren Blätter abtrockneten, dafs aber bei erneuter Wasserzufuhr sich neue Adventivwurzeln aus dem ersten Knoten (s. Bd. I, S. 102) bildeten und die jüngsten Blätter sich weiter entwickelten. Hauptsächlich gilt dies für Hafer, mehr oder weniger auch für Gerste, Weizen und Mais.

Als allgemein feststehend ist anzusehen, dafs eingequellte und nachher vorsichtig getrocknete Samen, die wiederum in Wasser gebracht werden, dasselbe rascher aufnehmen als lufttrockene, nicht aufgequellte Körner derselben Gröfse. Solche Samen entwickeln sich anfangs wohl auch um einige Tage schneller.

Durch die Versuche von TAUTPHÖUS[4]) und von EHRHARDT[5]) wird das von vorherein zu erwartende Resultat experimentell festgestellt, dafs die Pflanzen um so mehr leiden, je weiter fortgeschritten bei Eintritt der Trockenperiode der Keimungsprozefs ist, d. h. je mehr entwickelt bereits die Plumula erscheint. Die Erbsensamen fand WILL zum Teil ganz besonders empfindlich gegen das Austrocknen. Die Samenschale bekam viele kleine Risse, die sich in den meisten Fällen auf die inneren Schichten fortsetzten. Bei dem wiederholten Einquellen löste sich die Stäbchenschicht in gröfseren und kleineren Stücken ab, die Samenschale wurde schleimig, und es stellten sich binnen sehr kurzer Zeit Zersetzungserscheinungen an den Kotyledonen ein, welche die Entwicklung der Keimpflänzchen hemmten. Die Entstehung der Risse bei dem Trocknen der gequollenen Samen erklärt sich durch die mehr als 100 %

[1]) WILL, Über den Einflufs des Einquellens und Wiederaustrocknens auf die Entwicklungsfähigkeit der Samen, sowie über den Gebrauchswert „ausgewachsener" Samen als Saatgut. Landwirtsch. Versuchsstationen XXVIII, Heft 1 u. 2 (1882).

[2]) Annales des sciences nat. Bot. 1827. Janv.

[3]) Über die Widerstandsfähigkeit junger Keimlinge. Wissensch. prakt. Untersuchungen usw. von F. HABERLANDT, Bd. I, S. 122; cit. Biedermann's Centralbl. I, S. 344, 1876.

[4]) FREIHERR VON TAUTPHÖUS, Die Keimung der Samen bei verschiedener Beschaffenheit derselben. München 1876; cit. Bot. Jahresber. 1876, S. 882.

[5]) Deutsche landw. Presse, Jahrg. VIII, Nr. 76; cit. von WILL.

betragende (NOBBE, Handbuch, S. 122) Volumzunahme der Samen, die auf ihre Schale einen Druck ausüben und dieselbe passiv dehnen und lockern. Diese Lockerung kann bei dem Trocknen bis zur Brüchigkeit führen. Durch die Risse in der Samenschale erhält erstens das wieder befeuchtete Samenkorn viel mehr atmosphärischen Sauerstoff zu den bereits in Zersetzung begriffenen Reservestoffen und zweitens auch schneller große Wasserquantitäten; es können ferner die gelösten, organischen Stoffe viel leichter osmotisch austreten, was alles zuungunsten der Weiterentwicklung wirksam werden kann. Eine Samenschale, die sich langsam gleichmäßig dehnt und unverletzt bleibt, wird also wahrscheinlich eine vollständigere Ausnutzung der Reservestoffe der Kotyledonen ermöglichen und vielleicht sogar durch den bei der Quellung hervorgerufenen Spannungszustand ein Einpressen von Flüssigkeiten in das Gewebe der Kotyledonen und von gelösten Reservestoffen in den Embryo veranlassen. Auf die bei der Keimung auftretenden Enzyme und ihre Wirkung kann hier nicht näher eingegangen werden. Wir verweisen in dieser Beziehung auf die Arbeiten von NEWCOMBE[1]) und GRÜSS[2]).

Nach den genannten Versuchsergebnissen kann man mit Sicherheit aussprechen, daß eine Benutzung angequollenen oder gar schon ausgewachsenen und nachher trocken gewordenen Saatgutes nach Kräften zu vermeiden ist. Ich bin aber auch der Meinung, daß die Verwendung von gequelltem Saatgut überhaupt möglichst zu beschränken und namentlich in trocknen Lagen mit großer Vorsicht auszuführen ist. Erstens können sich in trockenen Lagen am leichtesten die Zustände, wie sie künstlich durch Austrocknen gequellter Samen herbeigeführt wurden, in der Natur von selbst bei anhaltender Hitze und Dürre wiederholen und viel schädlicher wirken, als wenn der Same bei solchem Wetter ungekeimt im Boden liegt. Zweitens werden die Pflanzen aber auch durch die von Anfang an hohe Wasserzufuhr verwöhnt. Das Gewebe wird lockerer, wasserreicher und wasserbedürftiger und vertrocknet viel früher bei Eintritt großer Trockenperioden als bei solchen Pflanzen, die von Anfang an bei spärlicher Wassergabe sich entwickelt haben. Die Verdunstung ist bei ersteren Pflanzen größer als bei letzteren. Deshalb wird in der Praxis vielfach die Regel befolgt, daß man bei schnell sich entwickelnden Gemüsepflanzen (Gurken, Bohnen, Kohlarten) das Begießen nicht aussetzen darf, wenn man in der Jugend der Pflanzen damit sehr freigebig gewesen ist. Ich habe auch mehrfach schlechtere Pflanzen nach dem Quellen des Saatgutes sich entwickeln gesehen, gegenüber den aus demselben Saatmaterial hervorgegangenen, von Anfang an nur auf die natürliche Bodenfeuchtigkeit angewiesenen Pflanzen.

Die Behandlung der Gehölzsamen.

Schwerwiegende Nachteile treten besonders bei den Gehölzsamen hervor, wenn der Keimungsvorgang durch Trockenheit unterbrochen wird. Am meisten fühlbar wird dies bei Aussaat derjenigen Gehölze, deren

---

[1]) NEWCOMBE, F. C., Cellulose-Enzymes. Annals of Botany 1899, Nr. 49; cit. Bot. Jahresb. 1899, II, S. 179.

[2]) GRÜSS, J., Beiträge zur Enzymologie. Berlin 1899. Festschr. f. SCHWENDENER, Über Zucker- und Stärkebildung in Gerste und Malz. III u. IV. Wochenschr. f. Brauerei 1897, 1898.

Samen nur kurze Zeit überhaupt ihre Keimkraft behalten. NOBBE[1]) fand, dafs die Samen von Weiden schon 5 bis 6 Tage nach dem Abflug ihre Keimkraft verlieren. Sehr kurzlebig erweisen sich auch die Samen von Pappel und Ulme. Eicheln bleiben in der Regel nur bis zum nächsten Frühjahr keimfähig, ebenso wie die Bucheln. Ähnlich durchschnittlich verhalten sich Esche, Ahorn und Tanne. Dagegen keimen Fichten- und Kiefernsamen noch nach 3 bis 5 Jahren in ziemlicher Menge, wenn auch die Pflänzchen dann bereits schwächlicher sich entwickeln. Natürlich spielen die Ausbildung des Samens auf seiner Mutterpflanze und die Art der Aufbewahrung eine grofse Rolle, und NOBBE fand z. B., dafs Samen von *Pinus silvestris*, die im Wohnzimmer in verschlossenen Gläsern gestanden hatten, nach 5 Jahren zu ungefähr 30 % und nach 7 Jahren noch zu 12 % keimten; ja selbst nach 10 bis 11 Jahren fanden sich einzelne Samen noch entwicklungsfähig. Unter denselben Umständen aufbewahrt, zeigte Saatgut von *Trifolium pratense* nach 12 Jahren noch 10 %, *Pisum sativum* nach 10 Jahren 47 % und *Spergula arvensis* einmal 25 % und aus einem anderen Jahrgange sogar 67 % keimfähige Körner. Von Zedern und Pinien wird angegeben, dafs sie nach 30 Jahren noch gekeimt haben[2]). Indes empfiehlt es sich, feinsamige Coniferen doch bald nach der Reife auszusäen. Praktisch wichtig ist die Frage, ob man im Sommer, Herbst oder Frühjahr die Aussaat vornehmen soll. Der Sommer ist wegen der grofsen Feuchtigkeitsschwankungen im Boden die gefährlichste Zeit; darum umgeht man bei den Gehölzen, die ein sofortiges Unterbringen der Saat notwendig machen, wie Weiden und Pappeln, die Gefahr, indem man Stecklingsvermehrung anwendet. Besser ist die Herbstsaat, die bei Eichen, Kastanien, Haselnüssen und dergl. zur Notwendigkeit wird, bei den sehr hartschaligen Samen wie von Crataegus, Prunus, Ilex, Sorbus, Rosa, Cornus, Berberis, Ribes, Carpinus, Staphylea, Clematis u. a. empfehlenswert ist. Die letztgenannten Arten bleiben namentlich in sandigen Böden, die vorübergehend wieder austrockenen, oft 2 bis 3 Jahre ungekeimt liegen. Am besten ist die Frühjahrssaat, weil das Saatgut dabei allen Fährlichkeiten des Winters und der Tierbeschädigungen entzogen ist. Um die Zeit vom Herbst zum Frühjahr nicht zu verlieren, findet das „Stratifizieren“ der Samen, d. h. das schichtenweise Einlegen der Körner in feucht erhaltenen Sand, seine Anwendung.

Bei dem jetzt lebhaft entwickelten Bezuge von Sämereien geschätzter Ziergehölze aus dem Vaterlande ist es wichtig, die Erfahrungen zu kennen, welche betreffs des Verlustes der Keimfähigkeit während des Transportes gemacht worden sind. Graf v. SCHWERIN[3]) hat in der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft darauf aufmerksam gemacht, dafs Ahornarten einen längeren Transport nicht vertragen, so dafs z. B. seit Jahren die aus dem Himalaja bezogenen Ahornsamen keine einzige Keimpflanze ergeben hatten. Indes darf man nicht zu früh die Saatbeete umbrechen, da manche Samen sehr lange gesund in der Erde liegen bleiben; so liegt beispielsweise *Chamaecyparis Lawsoniana* manchmal 4 Jahre in der Erde, namentlich in trockenen Jahren. Bei dem Bezuge von *Magnolia hypoleuca* aus Japan wurde jahrelang entweder überhaupt keine Pflanze erzielt oder doch so wenige, dafs die Transportkosten nicht gedeckt wurden. Die Samen vertrockneten unterwegs. Seitdem

[1]) DÖBNER-NOBBE, Botanik f. Forstmänner, 4. Aufl., 1882, S. 382.
[2]) u. [3]) Über das Keimen von Gehölzsamen. Der Handelsgärtner 1905, Nr. 14.

neuerdings diese Samen in ihrem natürlichen Fruchtfleisch belassen, und so in Holzkohlenpulver gepackt ankommen, liegen sehr ermutigende Resultate vor.

Wenn vorhin gesagt worden ist, dafs die *Acer*-Arten nur bis zum nächsten Frühjahr keimfähig bleiben, so ist noch zu ergänzen, dafs die Ahornarten aus der Campestre-Gruppe (*Acer obtusatum, italum* u. a.) in der Regel erst im zweiten Jahre keimen. Nur vereinzelt findet man schon Keimlinge nach einem Jahre. In manchen botanischen Gärten sollen aber die Bäume der Campestre-Reihe regelmäfsig meist frühkeimende Samen liefern, und man erklärt dies daraus, dafs dort bei der Aussaat die zuerst aufgegangenen Pflänzchen zur Aufzucht benutzt worden sind. Daraus ergäbe sich der Schlufs, dafs man die Eigenschaft, schnell keimende Samen zu produzieren, durch Selektion beständig machen kann. Dieser Punkt, bei grofsen Aussaaten die am frühesten hervortretenden Keimlinge gesondert zu Samenträgern heranzuziehen, dürfte der Aufmerksamkeit der Züchter zu empfehlen sein.

Das Verscheinen bei Getreide und Hülsenfrüchten.

Bei dieser Wachstumsstörung unterbleibt die Ausbildung der Samenkörner dadurch, dafs die Pflanze nicht genügend Wasserzufuhr erhält. Ein solches hochgradiges Durststadium wird natürlich auf den Böden mit sehr lockerem Gefüge, bei denen die Verdunstung sehr grofs und die kapillare Leitung des Wassers aus dem Untergrunde gering ist, am häufigsten zutage treten.

Doch nicht jeder intensive Wassermangel wird ein Verscheinen der Blüten hervorrufen. Es kommt hierbei wesentlich, wie HELLRIEGEL's Versuche bei dem Getreide zeigen, auf das Entwicklungsstadium an, in welchem die Pflanze sich gerade zur Zeit des Eintritts der Wassernot befindet. Wenn, wie in den Versuchen[1]) ausgeführt wurde, eine Getreidepflanze von erster Jugend an nur ein geringes Wasserquantum zur Verfügung hat, so bildet sie alle ihre Organe in derselben, vielleicht sogar in noch etwas längerer Zeit aus, wie die mit reicher Bewässerung versehene Pflanze; jedoch ist die ganze Produktion schwach. Das Verhältnis der geernteten Körner zur Gesamttrockensubstanz ist aber immer das normale, d. h. die Hälfte Trockensubstanz ungefähr wird in Form von Körnern geerntet. Wie bei allen Vegetationsbedingungen ist auch hier eine unterste Grenze; hält sich die Wasserzufuhr unter derselben, findet überhaupt keine nennenswerte Produktion statt.

Tritt ein bedeutender Wassermangel gleich nach den ersten Keimungsstadien ein, so bleiben die Körner lange (im Versuch bis sechs Wochen lang) lebendig und entwickeln sich nach dieser Zeit kräftig, sobald reichliche Wasserzufuhr sich wieder einstellt. Noch weniger schädlich erscheint eine Durstperiode, wenn die Körner milchreif sind, also ihre normale Gröfse erreicht, aber ihren inneren Ausbau noch nicht beendet haben. Die Arbeit der Pflanze, welche zu dieser Zeit überhaupt keine neue Trockensubstanz mehr bildet, besteht in der Umwandlung und der Fortführung der im Blatt erzeugten Substanz nach den Reservestoffbehältern, den Samen, hin.

In allen zwischen der Saat- und Reifeperiode liegenden Entwicklungs-

---

[1]) HELLRIEGEL, Beiträge zu den naturwissenschaftl. Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Vieweg 1883, S. 598 bis 620.

phasen wirkt längerer Wassermangel schädlich, und die Folgen sind um so tiefer eingreifend, je jugendlicher noch die Pflanze bei Eintritt der Durstperiode ist. Wenn in der Zeit des kräftigsten Schossens eine längere Trockenperiode eintritt, so kann die Pflanze diesen Schaden nicht mehr ausgleichen. Die Folgen anhaltender Trockenheit sind um so empfindlicher, je mehr Wasser die Pflanze in der Jugend gehabt hat. Wenn sich eine Pflanze bei reichlicher Bodenfeuchtigkeit bis zum Blütenansatz üppig entwickelt hat und es folgt jetzt eine gröfsere Durstperiode, dann geht die Körneranlage zugrunde; es kann ein mehr oder weniger umfangreiches Fehlschlagen der Körnerernte eintreten, was wir dann als „Verscheinen" des Getreides bezeichnen. Ein recht interessantes Beispiel hat Ritzema Bos[1]) bezüglich der „Maartegerst" veröffentlicht. Maartegerst ist Wintergerste, die im März gesät wird. Dieselbe war auf Ackerflächen gebracht worden, bei denen die Wintergerste der Herbstsaat ausgefroren war. Nur eine Anzahl der im Herbst gesäten Pflanzen war durch den Winter gekommen und ging gut bestockt in den Sommer, so dafs dasselbe Feld Wintergerste und Märzgerste hatte. Letztere litt nun im heifsen Sommer durch Verscheinen, während die dazwischen stehenden Pflanzen der Herbstsaat vollkommene Körnerernten brachten. Aufser dem Getreide leiden bei uns am häufigsten noch die Erbsen. Selbstverständlich kann auch bei anderen Pflanzen ein Fehlschlagen der Samenernte durch Verscheinen der Blütenteile stattfinden.

Die Fadenbildung der Kartoffeln (Filositas).

Die Krankheit („mules" der Franzosen) besteht in einer Verkümmerung der Augen; aus denselben entwickeln sich schlanke, fadenartige Stengel von der Dicke eines mittleren Wollfadens. Nicht selten treiben die Augen der übrigens verhältnismäfsig sehr stärkereichen Knollen überhaupt nicht aus, oder die schwachen Triebe vermögen selbst bei geringer Bodenbedeckung nicht an die Oberfläche zu kommen, und die Knollen gehen meist unter den Erscheinungen der Trockenfäule zugrunde. Die Krankheit ist bisher nur dort reichlich aufgetreten, wo leicht erhitzbare Böden grofse Trockenperioden zu überstehen hatten.

Fig. 16 stellt den Basalteil eines in Wasserkultur gezüchteten Stecklings von einer fadenkranken Kartoffel dar. Die Dimensionen von Stengel, Blättern und Knollen entsprechen der natürlichen Gröfse, und man ersieht, wie tatsächlich die Stengel nur die Dicke eines starken Wollfadens besitzen. Die Stolonen (*st*) sind auch schmächtiger und haben bereits Knöllchen (*k*) angesetzt, von denen einzelne sich an der Spitze verlängert haben und zu grünen Trieben (*b*) ausgewachsen sind, oder schuppenförmige, grüne Blättchen entwickeln (*d*).

Der abgebildete Steckling stammt aus einer Versuchskultur, deren Resultate in der zweiten Auflage dieses Handbuchs in präzisen Zahlen wiedergegeben sich finden und zu dem Schlusse führen, dafs wir in der Fadenkrankheit der Kartoffeln erblich gewordene Zustände einer Notreife vor uns haben. Die Mitteilungen aus den Örtlichkeiten, in denen die Krankheit aufgetreten, namentlich aus dem Marchfelde bei Wien[2]), über die daselbst befolgte Kulturmethode bestätigen diese Ansicht. Es werden dort nämlich die Kartoffeln, welche meist zu den

---

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 1894, S. 94.

[2]) Altvatter, Das Marchfeld und seine Bewässerung. Österr. Landw. Wochenbl. 1875. Nr. 51.

frühesten Sorten gehören, möglichst zeitig ausgelegt, nachdem sie vorher noch künstlich angetrieben worden sind. Bei der steigenden

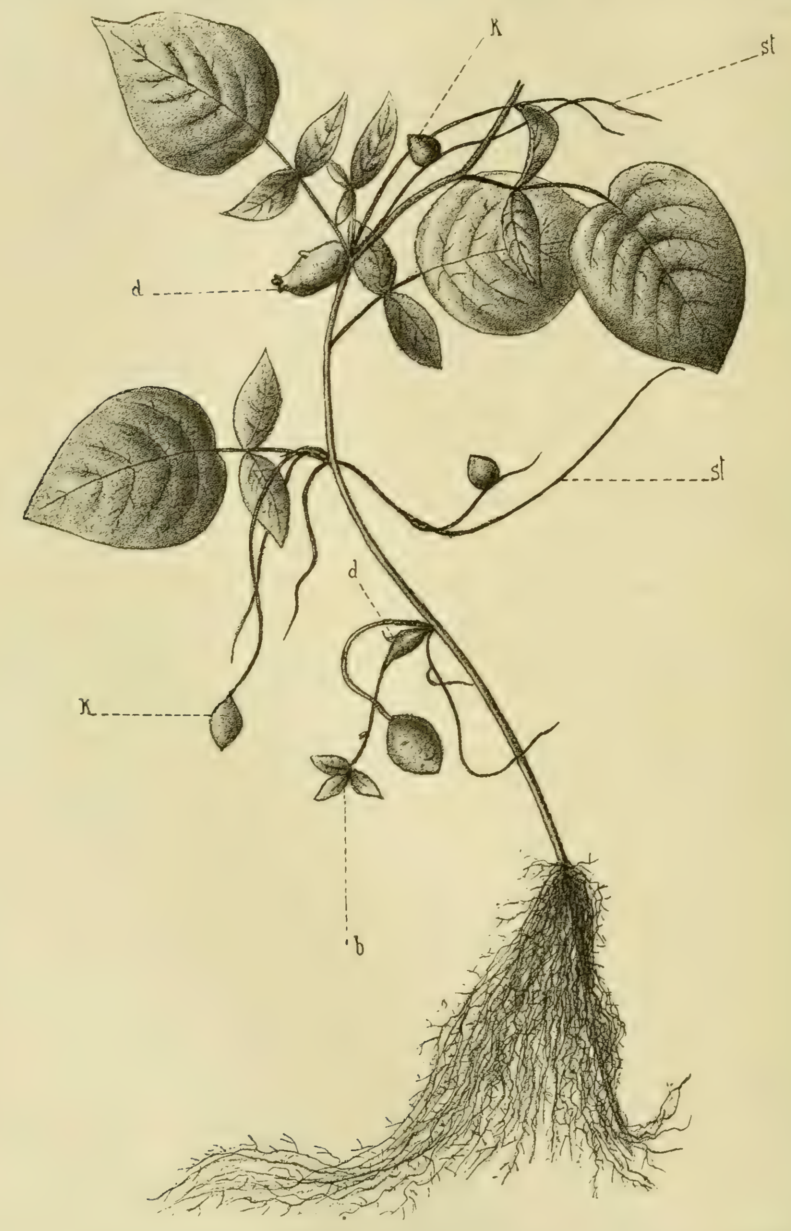


Fig. 16. Basalteil eines in Wasserkultur gezüchteten Stecklings von einer fadenkranken Kartoffelknolle, nat. Gr. (Orig.)

Sommertemperatur und der flachen Lage in den oberen Schichten eines nur mit geringer wasserhaltender Kraft begabten, stark erhitzbaren Bodens (Sandboden auf dem Marchfelde bei Wien, Kalkboden bei

Poitiers)[1]) erleidet das Wachstum der oberirdischen Achsen alsbald einen Stillstand, und die um diese Zeit angelegten, noch lange nicht ausgewachsenen Knollen füllen sich mit Stärke, so dafs sie sehr zeitig auf den Markt gebracht werden können und hohe Preise erzielen.

Wenn die Knollen im jugendlichen Zustande durch Notreife einen Wachstumsstillstand erleiden und dann geerntet werden, so hat auch die Ausbildung ihrer Augen noch nicht die normale Gröfse erreicht. Die aus diesen sich entwickelnden Triebe müssen naturgemäfs schwächlich sein. Wenn solche Knollen im nächsten Jahre als Saatgut zu gleicher Kultur verwendet werden, müssen allmählich diese Schwächeerscheinungen sich steigern und zu dem Resultate führen, dafs schliefslich nur fadendünne Stengel hervorwachsen. Demgemäfs ist die Krankheit die Folge eines fortgesetzten Kulturfehlers, nämlich einer unzulässigen Abkürzung der Vegetationszeit. Ein Wechsel des Saatgutes wird hier allein ins Auge zu fassen sein, da der Kulturzweck die Rückkehr zur normalen Bestellung verbietet.

Durchwachsen der Kartoffeln.

In den regenarmen Sommern, wie z. B. im Jahre 1904, war eine der häufigsten Klagen, dafs die Kartoffeln klein geblieben oder bei annähernd normaler Gröfse ungemein viel „Kindelbildung" gezeigt

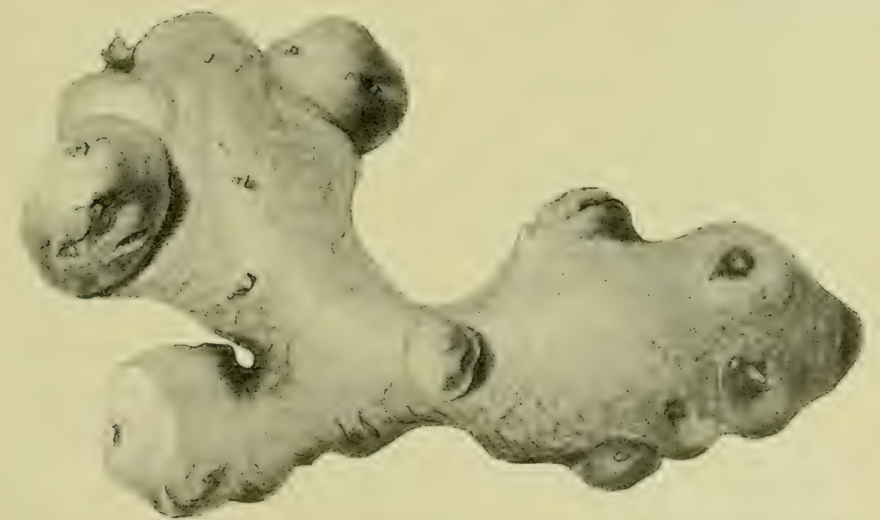


Fig. 17. Durchwachsene Kartoffel: links Anlage vollständiger Nebenknollen (Kindelbildung), rechts nachträgliche Streckung des Gipfelendes (Wasserenden). (Orig.)

haben. In vorstehender Fig. 17 ist eine der bizarrsten Formen wiedergegeben worden, welche zwei Arten der Durchwachsung zeigt, nämlich die wirkliche „Kindelbildung" und die „Wasserenden". Das Stielende der Knolle (linke Seite der Zeichnung) zeigt zwei, wie die Lehnen eines Armstuhles seitlich in annähernd gleicher Höhe stehende Tochterknollen, und von da aus nach der Knollenspitze hin sehen wir die Tochterknollen immer kleiner werden, bis sie in der Nähe des jüngsten

---

[1]) Journal d'Agriculture pratique; cit. Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1873, Nr. 10, und Annalen d. Landwirtsch., 1873, Wochenbl. Nr. 16.

kegelförmig vorgezogenen Endes der Knolle (rechte Seite des Bildes) nur noch als schwach halbkuglige Vorsprünge kenntlich sind.

Die Verbildung der Knolle beruht auf Prolepsis, d. h. vorzeitiger Entwicklung der Augen. Die Erklärung für diese Erscheinung liegt sehr nahe. Die Kartoffelstaude entwickelt, nachdem sie einige Zeit kräftiges Laub gebildet, allmählich die Spitzen oder Seitenaugen der unterirdischen Triebe zu Knollen, welche die erarbeitete Stärke aufspeichern. Je trockener die Sommerzeit, um so schneller reift die Knolle aus, indem sie bei mäfsiger Vergröfserung und Vermehrung ihrer Zellen auch die Stärkekörner in den Zellen vergröfsert und die Zellwände verdickt. Allmählich verlieren die Zellwände mit Ausnahme der jugendlichsten am Auge die Fähigkeit, sich bedeutend zu strecken.

Wenn nun nach längerer Trockenheit und vorgeschrittener Reife ein bedeutender Wasserauftrieb in die Knolle gelangt, wird der Druck des durch reichliche Wasseraufnahme vermehrten Zellinhalts sich namentlich in den jungen Zellen des Auges geltend machen und ihre noch leicht dehnbaren Wandungen strecken, d. h. das Auge beginnt zu wachsen. Aus den Augen werden junge Zweige, welche sich verlängern, bis sie die Bodenoberfläche erreichen. Dies ist der seltenere, nur bei anhaltend feuchter Witterung eintretende Fall. In der Regel sind es vorübergehende Regenperioden, welche einen kurz dauernden Wasserauftrieb in der Knolle hervorrufen; dann bleibt der Trieb kurz und verdickt sich zur sekundären Knolle (Kindel).

Dafs die Zellen mit der Reife der Knolle ihre Dehnbarkeit ververlieren, sieht man recht deutlich an der Korkschale, die bei jungen Knollen immer glatt ist. Wenn die Knollen recht reif sind, ist die Schale bei der Mehrzahl der Kartoffelsorten, namentlich den roten, rauh. Die zuerst dicht miteinander verbundenen Zellen der Korkschale können schliefslich dem Druck des sich ausdehnenden Parenchyms der Knolle nicht mehr durch Dehnung der Wandungen folgen, sondern werden an zahlreichen Stellen auseinandergesprengt, wodurch die Rinde rissig wird. Unter den Rifsstellen haben sich neue Korkzellen gebildet. Das Eintreten des Rissigwerdens der Schale hängt natürlich von der Sorte ab. Je rissiger bei sonst glattschaligen Sorten eine Knolle ist, um so reifer und stärkereicher ist dieselbe.

Das Durchwachsen der Knollen hat nun in vielen Fällen insofern einen schädlichen Einflufs, als sich dadurch die Quantität Stärke, die wir als Bodenrente entnehmen, in minder leicht gewinnbarer Form darstellt. Man erhält neben den grofsen Knollen eine Menge kleiner, die weniger reif und daher stärkeärmer sind. Die bereits vorhandenen Knollen werden nach den Untersuchungen von Kühn[1]) und Weidner[2]) durch das Kindelbilden nicht ärmer an Stärke. Diejenige, welche in den sekundären Knollen sich vorfindet, stammt nicht aus den Mutterknollen, sondern ist in den Blattorganen neugebildete und von dort herabgewanderte. Nur bei den Stöcken, deren Kraut schon abgestorben ist, bringt plötzlich erneute Wasserzufuhr die Kindelbildung auf Kosten des Stärkegehaltes der alten Knolle hervor. Beide, Mutter und Kind, haben erst den Stärkegehalt einer nicht durchwachsenen Knolle.

Die sog. „Wasserenden“ sind nichts anderes als die durch eine nachträgliche Wasserzufuhr zu erneutem Wachstum angeregten Gipfel-

---

[1]) Zeitschr. d. landw. Centralver. der Prov. Sachsen 1868, S. 322.
[2]) Annalen des Mecklenb. patriot. Ver. 1868, Nr. 39.

teile der Knollen, die sich dadurch kegelförmig verlängern und mit neuer Stärke füllen (s. die rechte Seite der Figur 17). Die Füllung ist ebenso mangelhaft wie bei den eigentlichen „Kindeln“.

Knollenbildung ohne Laub.

Wenn man Knollen zur Zeit ihres natürlichen Austreibens nicht in Erde bringt, sondern in einem trockenen, wenig belichteten Raume bis zur nächsten Ernteperiode aufbewahrt, erntet man bisweilen eine Anzahl kleiner Knollen. Dieselben stehen entweder dicht an der Mutterknolle oder hängen an kurzen Stolonen, die sich aus den Augen entwickelt haben. Während bei rechtzeitiger Wasser- und Lichtzufuhr dieselben Augen zu beblätterten grünen Trieben geworden wären, hat bei der trockenen dunkeln Aufbewahrung das austreibende Auge sich zu dem fadenartigen nur mit Schuppen statt der Blätter besetzten Ausläufer (*stolo*) ausgebildet, und dessen Spitze hat alsbald wieder zur Knolle sich verdickt.

Oberirdische Kartoffelknollen.

Es kommt vor, daſs bei flach gelegten nicht gehäufelten Knollen das Kraut noch grün bleibt, während der Wurzelapparat durch die Trockenheit oder Tiere stark beschädigt wird. Wenn ein nachfolgender Regen den geschwächten Wurzelkörper so weit in Funktion erhält, daſs die oberirdischen Achsen am Leben bleiben, entwickeln sich an ihnen aus den Seitenaugen kleine gefärbte Knollen. Auch unter anderen Verhältnissen ist dieser Vorgang möglich; doch stimmen die Verhältnisse stets darin überein, daſs der Wurzelapparat erkrankt ist und nur sehr geringe Wassermengen aus dem Boden den belaubten Stengeln zuführen kann. Man kann selbst Stecklinge aus älteren Stengelteilen dazu bringen, in ihren Blattachseln Knollen anzusetzen.

Notreife des Obstes.

In Jahren mit anhaltender Trockenheit, wie z. B. 1904, treten äuſserst häufig die Klagen auf, daſs das Kernobst nicht haltbar sei. Das Sommerobst ist zwar schneller reif und kann 8 bis 14 Tage früher auf den Markt gebracht werden, aber der Geschmack läſst zu wünschen übrig. Das Winterobst bleibt in der Regel kleiner, ist weniger saftig und aromatisch und geht entweder schneller in Fäulnis über, oder aber es braucht viel längere Zeit auf dem Lager, um verkaufsfähig zu werden. Der erstere Fall läſst sich auf den leichten Böden beobachten; der letztere ist dann gefunden worden[1]), wenn auf schwerem Boden nach der Trockenperiode noch Regen eintritt, der ein Weiterwachsen der bisher durch den Wassermangel zurückgehaltenen Früchte veranlaſst.

Das geschilderte Verhalten findet seine Erklärung bei Erwägung des Umstandes, daſs Güte und Haltbarkeit der Früchte von zwei Faktoren abhängig sind. Zunächst muſs jede Frucht eine genügende Zeit zur Einwanderung des zu ihrer Ausbildung nötigen Wassers und Nährstoffmaterials haben, was in die Zeit der Schwellungsperiode fällt. Allmählich stellen sich dann die Oxydationsvorgänge des Reifeprozesses

[1]) Monatsschrift für Pomologie und praktischen Obstbau von Oberdieck und Lukas, 1863, S. 272.

ein, bei welchen das bisher in Form von Stärke gespeicherte Reservematerial veratmet wird. Je länger die Frucht Zeit hat, das aus den Blättern einwandernde Material zu speichern, desto reichlicher ist sie für die Reifevorgänge ausgestattet und desto langlebiger ist sie. Wird dieser Füllungsprozeſs durch die Trockenheit vorzeitig unterbrochen, finden die Reifungsprozesse der Umwandlung von Stärke in Zucker verhältnismäſsig wenig Material vor. Bei normaler, d. h. abwechselnd Sonnenschein und Regen bietender Sommerwitterung nimmt auch die Frucht während des Reifevorganges auſser Wasser noch Mineralbestandteile auf, wie Pfeiffer und ich festgestellt haben. Es findet bis kurz vor der Vollreife eine absolute Zunahme an Mineralstoffen statt; relativ erscheint dieselbe bei der gröſseren Zunahme an organischer Substanz natürlich kleiner. Bei ständigem Wassermangel unterbleibt diese Zufuhr, und die Früchte veratmen nun schnell das spärliche Material. Der Säurevorrat ist gering und die Zuckerbildung spärlicher; daher der fade Geschmack und die geringere Haltbarkeit.

Bei dem Winterobst vollziehen sich die Reifevorgänge erst auf dem Lager. Es gelten aber sonst dieselben Gesichtspunkte. War die Witterung während des Sommers für die Einwanderung reicher Reservestoffmengen günstig, geht die Frucht wohl vorbereitet auf das Winterlager und erhält sich lange gesund. Bei geringer Menge von Reservestoffen lebt sie sich eben schnell aus. In Jahren, in denen nach einer langen Trockenperiode eine anhaltend kühle, trübe Zeit eintritt, fängt das Winterobst, nachdem es in seinem Wachstum durch die Trockenheit einen langen Stillstand erlitten, von neuem zu wachsen und Material zu speichern an. Wenn es im Herbst geerntet werden muſs, geht es verhältnismäſsig unreifer auf das Lager und braucht nun länger Zeit, um reif zu werden. Das sind nachher die (im ganzen selteneren) Fälle, in denen die Früchte unverhältnismäſsig lange auf dem Lager liegen müssen und nicht mürbe werden wollen, sondern zähfleischig verbleiben.

Fuchsige Pflaumen.

Als eine Erscheinung der Notreife ist die mehrere Wochen vor der normalen Reifezeit eintretende fuchsig-rote Verfärbung der Pflaumen zu nennen: die Früchte sind dabei noch vollständig hart und durchschnittlich halb so groſs als die normal ausgereiften. In der Regel fallen die fuchsigen Pflaumen vorzeitig ab. Die Erscheinung tritt nur in andauernd heiſsen, trockenen Perioden auf und zeigt sich namentlich auf Sandböden. Die bei den einzelnen Sorten zu verschiedenen Zeiten eintretende Verfärbung erinnert an die vorzeitige Annahme der Reifefärbung madiger oder sonstig verletzter Früchte des Kernobstes. Auch bei dem Fuchsigwerden der Pflaumen ist zu betonen, daſs nicht der trockene Standort an sich die Ursache ist, sondern eine intensive Wasserarmut des Bodens nach vorangegangener Periode mit normalen reichlichen Niederschlägen. Bäume, welche beständig nur knappe Wasserzufuhr erhalten, passen sich der geringen Feuchtigkeit dadurch an, daſs sie die Früchte, welche sie nicht ernähren können, kurz nach der Blüte abwerfen. Nur bei den Bäumen, die reichen Fruchtbehang infolge günstiger Bewässerungsverhältnisse bis zum Sommer hin behalten haben, wirkt die längere Sommertrocknis verhängnisvoll.

Als Vorbeugungsmittel kann die rechtzeitige Fortsetzung der

Wasserzufuhr durch Begießen angesehen werden. Man warte nicht zu lange mit der Nachhilfe durch reiches Begießen. Fängt man zu spät mit der Bewässerung an, fallen häufig nicht nur die fuchsigen, sondern alle Früchte ab.

Weitere Erscheinungen der Notreife.

Selbstverständlich können bei allen Fruchtgattungen die Folgen einer andauernden Trockenheit des Bodens nach normaler Frühlingsfeuchtigkeit sich geltend machen. Das Abwerfen von Blättern und Früchten ist ein häufiges Vorkommnis: die mangelhafte Ausbildung der an der Pflanze verbleibenden Organe die minder in die Augen springende Erscheinung. Bei Obst und Kartoffeln resultiert daraus eine geringe Haltbarkeit in den Aufbewahrungsräumen, bei dem Getreide eine Schmächtigkeit der Körner. Wir kommen auf andere Fälle noch später zu sprechen, wenn wir der Folgen ungewöhnlicher Lufttrockenheit gedenken.

Mehligwerden der Früchte.

Bei Kernobst, namentlich den frühen Sorten, zeigt sich in besonders heißen Sommern auf sandigen Böden die Erscheinung, daß das Fruchtfleisch nicht saftig und knackend, sondern mürbe, saftarm, mehr fade, wie aromatisch schmeckend und bei Druck zu mehligem Brei leicht zerfallend sich darstellt. Dieselben Sorten sind in kühleren Jahren oder an anderen Standorten, ja selbst von demselben Baume bei frühzeitigerer Ernte nicht mehlig, sondern gehen von dem festen durch den schmelzenden direkt in den weinig-teigigen oder in den fauligen Zustand über.

Spezielle Untersuchungen sind mir über den vorliegenden Fall nicht bekannt geworden. Es kann daher nur vermutungsweise ausgesprochen werden, daß das Mehligwerden der Früchte auf einem durch Wassermangel in andere Bahnen gelenkten Akt des Reifungsprozesses beruht. Diese Ablenkung dürfte nicht mehr an den Zusammenhang der Frucht mit dem Baume gebunden sein, sondern spät im Leben der Frucht, etwa zur Zeit der allgemeinen Lösung der Intercellularsubstanz des Fruchtfleisches sich einstellen. Bei der normalen Fruchtreife tritt nach Überschreitung des Stadiums der größten Süßsigkeit, bei welchem die Früchte bereits „schmelzend“, d. h. die Zellen ihres Fruchtfleisches leicht voneinander trennbar sind, auf Kosten des Zuckers die Alkohol- und schließlich wohl die Essigsäuregärung ein. Die Früchte werden weinig-teigig unter stetig fortschreitender Bräunung. Ein Teil des gebildeten Alkohols verbindet sich nach Fremy[1]) mit den Fruchtsäuren zu den Äthern, welche das Aroma der Früchte bedingen. Kühle Temperatur verhindert das schnelle Verbrennen des Zuckers. Die mit der Reife gering werdende Wasserzufuhr zur Frucht aus dem Zweige erklärt, daß bei großer Sommerhitze die Frucht außerordentlich schnell auslebt und dabei stark Kohlensäure und Wasser abgibt. In dem wasserärmeren, hochdurchwärmten Fruchtfleische dürfte aber die Lösung der Intercellularsubstanz, die wir zu den Pektinen rechnen, nicht in der gewöhnlichen Weise stattfinden. A. Mayer[2]) faßt die Pektine als Kondensationsprodukte

---

[1]) Compt. rend. LVIII, S. 656.
[2]) Agrikulturchemie 5. Aufl., Bd. I, S. 141. Heidelberg 1901.

von Galaktose und der Pentose Arabinose auf und macht auf die Eigentümlichkeit aufmerksam, dafs sie durch ein besonderes Enzym gelatinieren und durch ein anderes zu obigen Pentosen hydralisiert werden. Man darf wohl annehmen, dafs diese Prozesse quantitativ oder qualitativ bei dem Mehligwerden der Frucht verändert werden. Es deutet darauf der Umstand, dafs bei der mehligen Frucht stets ein fester Zusammenhang zwischen Oberhaut und Fruchtfleisch vorhanden ist, während bei dem normalen weinig-teigigen Zustande die Oberhaut vom Fruchtfleisch sich leicht abheben läfst, also die Intercellularsubstanz sich löst. Der fade Geschmack der mehligen Frucht erklärt sich durch geringen Säuregehalt und schnelles Veratmen des Zuckers.

Zur Begründung der Ansicht, dafs Wärmeüberschufs einen relativen Mangel an organischen Säuren in einer Frucht veranlassen kann, mufs an die Tatsache erinnert werden, dafs in den Blättern die nächtlich gebildeten Säuren am folgenden Tage grofsenteils wieder veratmet werden. Dieser Verbrennungsprozefs dürfte auch in der grünen Frucht stattfinden, und es ist wohl denkbar, dafs derselbe in den langen, heifsen Sommertagen so intensiv ist, dafs ein grofser Teil der entstandenen Säuren verschwindet. Unter solchen Umständen kommt die weinige Gärung gar nicht zustande.

Für die Anschauung, dafs das Mehligwerden der Früchte bei Wasserarmut der Zellen unter breiartigem Zerfall der Intercellularsubstanz eintritt, wenn die Bedingungen für eine weinige Gärung nicht gegeben sind, spricht der Umstand, dafs ich künstlich an Äpfeln den Vorgang hervorzurufen vermochte. Es wurden Früchte verschiedener Sorten nach normaler Baumreife in trocknen Sand eingeschichtet und vom Herbst bis zum nächsten Sommer in einem kühlen, hellen Keller aufbewahrt, um das Ausleben der Frucht möglichst langsam eintreten zu lassen. Dabei zeigte sich, dafs einzelne Früchte mit vollkommen unverletzter Wachsglasur im August noch gesund, aber vollständig fade im Geschmack und von mehliger Beschaffenheit waren[1]).

Die Stippflecke.

Im Fleisch des Kernobstes, vorzugsweise der Äpfel, entstehen braune, zähe, mitunter bitter schmeckende, zerstreute Flecke. Befinden sich dieselben in unmittelbarer Nähe der Schale, machen sie sich als etwas eingesunkene, matter gefärbte, schliefslich braune, zähe Stellen bemerkbar. Auf lockeren Böden in trockenen Jahren, wie das Jahr 1904 gewesen, ist die Erscheinung am häufigsten. Die festfleischigen Sorten leiden weniger. Obgleich von einzelnen Forschern ein Pilz, *Spilocaea pomi* Fr., als Ursache angegeben wird, möchte ich doch die Erscheinung als eine Folge zu schnellen Auslebens einzelner Zellgruppen des Fruchtfleisches ansehen. Bei jeder Frucht erscheint das

---

[1]) Sowohl bei mehligen als auch bei normal saftigen Früchten kennzeichnet sich das Stadium der Reife durch das Erscheinen eigenartiger Stoffgruppen, die nach sofortigem Einlegen der Schnitte in unverdünntes Glycerin sichtbar werden.

Umstehende Figur stellt eine Zelle aus dem Fleische eines Apfels (Gloria mundi) nach sofortigem Einlegen des Schnittes in Glycerin dar. Der zarte plasmatische Wandbelag, der faltig zusammengezogen, ist in der Zeichnung teilweise fortgelassen; er drängt die hier dargestellten Inhaltsmassen mehr oder weniger zusammen. Auch die in den meisten Zellen sofort in die Augen springende, meist in einer Ecke liegende, sehr grofse Vakuole, welche ich als Säurevakuole ansprechen möchte, fehlt, um die Stoffe deutlicher zu zeigen, welche bei der Glycerinreaktion

Gewebe des Fruchtfleisches ungleichmäfsig mit Reservestoffen gefüllt. Wenn vorzeitige Bodentrockenheit die Leitung der zur vollen Ausbildung der Frucht notwendigen Menge organischen Materials verhindert, werden einzelne Gewebegruppen besonders arm an Inhaltsstoffen bleiben und dann schneller sich ausleben. Die Anfänge der

---

hervortreten. Es sei hier bald betont, dafs nicht alle Zellen die dargestellte Kombination zeigen; schön fand ich sie im Aufsenfleisch bei reifen Äpfeln, Birnen und Pfirsichen. Die Untersuchungen weisen darauf hin, dafs eine dem Zucker nahestehende Substanz in verschiedenen Übergangsformen in den Zellen vorhanden ist. Zwischen einzelnen gröfseren oder zahlreichen, sehr kleinen Vakuolen findet sich diese Substanz, dem Plasmaleibe eingebettet oder frei im Zellsafte, entweder als vereinzelte trübe Tropfen oder als mehr geradlinige Massen, die dem Aussehen nach etwa von teigiger Beschaffenheit sein dürften. Manchmal findet man sie in noch stärker lichtbrechender und noch festerer Form als knollige, warzige, unregelmäfsige Anhäufungen. Diese festeste Form scheint auch in Gestalt kleinster sandartiger, dem Wandbelage eingebetteter Körnchen vorzukommen, auf welche man erst aufmerksam wird, wenn dieselben zu Tropfen oder (durch Vakuolenbildung) zu kleinen Bläschen im Glycerin aufquellen. Allen drei Formen kommt eine Quellungsfähigkeit in Glycerin zu. Bei Beobachtung unter Wasser werden die Tropfen leicht undeutlich und verschwinden, aber im ausgeprefsten Apfelsafte bleiben sie kenntlich und von den verschiedenen Vakuolen unterscheidbar. Das Quellungsprodukt in seiner ausgebildetsten Form auf der Höhe der Entwicklung ist nun durch die strahlige Mittelfigur in unserer Abbildung dargestellt, während der teigartige Zustand der Substanz durch die darunterliegende schraffierte Fläche mit geschweiften Konturen angedeutet ist. Die wolkige Umhüllung ist der in derselben Ebene liegende Teil des Plasmasackes, welcher Farbstoffkörnchen und zwei Vakuolen umschliefst.

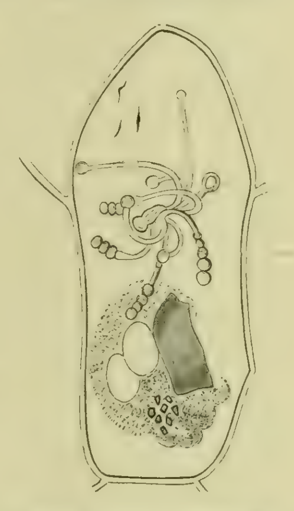


Fig. 18. Parenchymzelle aus dem Fleische eines reifen Apfels nach Behandlung mit unverdünnt. Glycerin. (Orig.)

Der Quellungsvorgang ist bei den oben geschilderten drei Massen der gleiche, tritt aber in verschiedener Intensität ein. Am schnellsten und ausgebildetsten erscheint er bei der Tropfenform; er nimmt ab, je fester die Substanzen werden. Bei Wasserzutritt verschwinden zuerst die Tropfen; an ihrer Stelle bleibt bisweilen ein feinkörniger Rückstand am Rande der Plasmahülle; etwas später werden die teigigen Massen unsichtbar, und die durch das Plasma gebildete Grenzlinie wird kreisrund; die polypenartigen Formen werden langsam durchscheinender, die warzigen Massen graugekörnelt und trübe, ohne sich an einem Tage ganz zu lösen. Wenn man die gern der Wandung anliegenden, zwischen Vakuolen eingebetteten, trüben Kugeln bei Beginn des Wassereintritts betrachtet, bemerkt man häufig eine von innen heraus beginnende Quellung einzelner Inhaltsgruppen, die bis zur Vakuolenbildung sich steigert. Ähnliches findet man bei Glycerin, bei welchem der Vorgang langsamer sich einstellt und die veränderten Zustände sich länger erhalten. Durch diesen Quellungsvorgang der in den trüben Tropfen eingebetteten Substanzen erscheint deren Inneres bisweilen derart von einer oder mehreren Vakuolen angefüllt, dafs die eigentliche trübe Masse nur noch als schmaler Umfassungsring der Vakuole auftritt, der in Wasser immer durchscheinender wird, bis er überhaupt nicht mehr kenntlich ist. Eine eigentliche Lösung der Substanz wurde nicht beobachtet. Wenn die frischen Schnitte erst in Wasser liegen, treten die trüben Tropfen nicht mehr auf, woraus zu schliefsen, dafs die Substanz vom Wasser aufgenommen wird. Wohl aber wurde in mehreren Fällen beobachtet (bei Reinetten), dafs, wenn nach einer schnell vorübergehenden Wassereinwirkung die Tropfen verschwunden waren, ein feinkörniger Rückstand blieb. Bei Glycerinzusatz quollen diese soliden Körnchen entweder zu Tropfen oder zu einzelnen fadenförmigen Schläuchen auf. Vielleicht sind es nur diese Körnchen, welche in den Tropfen und den übrigen, obenerwähnten, als verschiedene Aggregatzustände einer Grundsubstanz angesprochenen Formen eingebettet, zu polypenartigen Ausstrahlungen aufquellen. Man sieht nämlich an solchen Tropfen, welche durch eine Vakuole zu einem dickwandigen Bläschen er-

Erkrankung müssen in einem ziemlich frühen Stadium der Fruchtentwicklung gesucht werden. Ich fand mehrfach in erkrankten, durch gebräunte und verkorkte Membranen kenntlichen Zellgruppen an die Zellwand angelagerte Körner, die sich durch Jod langsam blau färbten und also als Stärke angesprochen werden mufsten. Einzelne dieser Körner zeigten einen weifslich bleibenden, verquollenen Saum. Ferner beobachtet man manchmal an den zum Stippigwerden am meisten geneigten mürbfleischigen, frühen Apfelsorten ein Zerreifsen des gebräunten Gewebes. Da diese Lücken nur dadurch zu erklären sind, dafs zur Zeit, als die Frucht noch im Schwellungsprozefs begriffen war, das stippige Gewebe bereits verkorkte, nicht mehr genügend dehnbare Membranen besafs, so mufs die Erkrankung schon früh vorhanden gewesen sein.

Ein derartiges Absterben einzelner Gewebegruppen infolge ungenügender Einlagerung von Reservestoffen wird um so leichter stattfinden, wenn die Stärkeablagerung durch einseitig gesteigerte Stickstoff-

weitert sind, dafs nur einzelne Punkte aus der stark lichtbrechenden, gallertartig aussehenden Wandung sich schlauchartig verlängern. Indes sind solche festere Körnchen vor der Quellung nicht in der Wand beobachtet worden. Die quellenden Stellen stülpen sich entweder zu gleichmäfsigen, cylindrischen Schläuchen oder perlschnurartigen Ketten aus, welche in einzelnen Fällen den Wandbelag erreichen können und dann als knotige Bänder die Zelle quer durchspannen. Durch die fortgesetzte, langsame Quellung verändern sich die Figuren fortwährend in Glycerin, wobei die immer teigiger, schwächer lichtbrechend und fadenziehend werdende Substanz das Bestreben bekundet, zur Tropfenform zurückzukehren. Entweder nehmen einige der Hauptarme der oben dargestellten Polypenfigur immer mehr Substanz auf und werden zu breiten Bändern, die schliefslich zu kugligen Tropfen sich zusammenziehen, oder es zeigen einzelne Glieder der Perlschnurketten unter steter Volumzunahme und Abnahme der Lichtbrechung ein stärkeres Wachstum, wobei die kleineren kugligen Kettenglieder und die sie etwa verbindende Fadensubstanz immer schmaler werden, endlich zerreifsen und in die gröfseren Tropfen hineingezogen werden. Diese Tropfen waren in den ausgeprägtesten Fällen noch nach 96 Stunden kenntlich, später aber nicht mehr aufzufinden und durch Reagentien auch nicht mehr hervorzurufen.

Was mich veranlafst, die erwähnten Substanzen in die Zuckerreihe oder zwischen die Zucker- und Gerbstoffreihe zu stellen, ist ihr Vorkommen in denselben Zellen, welche durch Glycerin zusammenziehbare, stark lichtbrechende, durch Alkohol ausziehbare, die Kupferreduktion zeigende, grofse Tropfen enthalten, in welche die kleinen, obenerwähnten Tropfenformen, wie mir scheint, übergehen. Die grofsen, in besonderen Teilen des Plasmasackes durch Glycerin zusammenziehbaren Siruptropfen, die allmählich wieder verschwinden, lassen sich durch Anwendung von doppeltchromsaurem Kali zum Teil fixieren, da sich in ihnen ein bleibender, braunkörniger Niederschlag bildet. Bei Birnen sah ich dieselbe Erscheinung nach Einwirkung verdünnter Schwefelsäure auf das Glycerinpräparat, wobei die Wandungen der Steinzellen weinrot wurden. Eisenchlorid gibt keine besondere Farbenreaktion. Wenn man zum Glycerinpräparat ein Stückchen Ätzkali bringt, färben sich die Sirupkugeln intensiv gelb und der übrige Zellinhalt matter. Chemisch reiner Traubenzucker verhielt sich ebenso, während er bei Lösung in reinem Wasser nur eine schwach gelbliche Flüssigkeit ergab. Etwas länger kann man die Tropfen auch durch Zusatz von Chlorcalcium oder salpetersaurem Kalk erhalten; sie bewahren dann zwei bis vier Tage ihre starke Lichtbrechung. Bei Anwendung von salpetersaurem Silber entsteht in vielen Sirupkugeln ein braunkörniger Niederschlag, der entweder aus vielen, sehr kleinen, oder weniger zahlreichen, aber gröfseren knolligen Körpern besteht. Ein Teil der Tropfen verschwindet, ohne Niederschläge zu geben.

Mir scheint, dafs man es hier mit einer aufserordentlich leicht veränderlichen, in Wasser und Alkohol leicht, in Glycerin schwerer löslichen Substanz zu tun hat, die in derselben Zelle in verschiedenen Umwandlungsstadien vorkommt und daher verschiedene Reaktionen zeigt. Schon das offene Liegen an der Luft bewirkt eine Veränderung, da ein Apfel, der an der frischen Schnittfläche die Sirupkugeln in Masse aufwies, nach wenigen Stunden an derselben Schnittfläche durch Glycerin keine Tropfen mehr zeigte, sondern solche erst tiefer im Gewebe wieder auffinden liefs.

düngung erschwert wird. Tatsächlich haben auch praktische Obstzüchter beobachtet, dafs das Stippigwerden besonders häufig sich zeigte, wenn die Bäume mit Malzkeimen, Hornspänen u. dgl. in überreichem Mafse gedüngt worden waren.

Wortmann[1]) bestätigt unsere Anschauung betreffs des nicht parasitären Charakters der Stippflecke und deren Auftreten bei Wassermangel. Er schreibt das Auftreten der toten, verkorkten Zellgruppen einem Säureüberschufs zu, der dadurch zustande kommt, dafs infolge eines nicht zu deckenden Verdunstungsverlustes der Frucht der Zellsaft allmählich konzentrierter wird. Der absolute Säuregehalt nimmt bei der Reife der Früchte allerdings ab, aber der relative kann durch den Wassermangel in den Zellen sich steigern. Dafs gröfsere Früchte mehr verdunsten als kleinere und die stippigen Sorten (Rötliche Reinette, Goldgunderling, Winter-Goldparmäne, Landsberger Reinette, grüner Stettiner, Danziger Kantapfel) mehr verdunsten als die nicht zur Stippigkeit geneigten Sorten, schliefst Wortmann aus der Untersuchung der Epidermis. Er fand eine stärkere Verdickung der Aufsenwände der Oberhautzellen bei nicht stippigen Sorten, deren geschälte Exemplare mehr verdunsten als geschälte stippige Äpfel. Wenn Früchte nicht stippiger Sorten mit einer Nadel angestochen und in sauere oder alkalische Lösungen (Kalitartarat, Kalkwasser) gelegt wurden, entstanden Stippflecke, die von den natürlichen nicht zu unterscheiden waren.

Nicht zu verwechseln ist die Erscheinung mit den sog. „Fliegenflecken". Es finden sich dann auf der Apfelschale sehr feine, schwarze, gruppenweise vereinigte Pünktchen, die für das blofse Auge einen wolkigen Anflug darstellen und unter der Lupe wie Anhäufungen von Fliegenschmutz aussehen. Als Ursache werden Pilze, nämlich *Leptothyrium pomi* Mntg. et. Fr. und *Phyllachora pomigena* (Schw.) Sacc. angegeben. Manchmal findet man auch wirkliche aufgespritzte Insektenexkremente, in denen diese Pilze vegetieren. Da die Schale sich unter den Fliegenflecken in keiner Weise angegriffen erweist, genügt das Abreiben mit einem nassen Tuche, um die Früchte wieder verkaufsfähig zu machen. Eine andere, manchmal als Stippflecke bezeichnete Erscheinung ist das „Rostigwerden der Schale". Die Bezeichnung rührt von der Farbenveränderung her, welche die Oberhaut der Frucht annimmt. Dieselbe bekommt während des Schwellungsprozesses sternförmige oder dendritisch verzweigte Rifsstellen, welche durch Korkbildung geschlossen werden.

Das Steinigwerden der Birnen und die Lithiasis.

Es ist eine häufig zu beobachtende Tatsache, dafs Birnen auf magerem Boden in trockenen Jahren ein festes Fleisch behalten und beim Genufs durch die aufserordentliche Menge steiniger Körnchen zwischen den Zähnen knirschen. In feuchten Jahren sind dieselben Birnensorten weichfleischig, und von den Steinen ist wenig zu bemerken, so dafs die Praktiker häufig die Ansicht vertreten, die Bildung der Steine in den Birnen sei die direkte Folge grofser Trockenheit.

Die Untersuchung jugendlicher Früchte zeigt aber bereits, dafs bei jeder Birnensorte in normaler Entwicklung stets Nester von derbwandigeren, sklerenchymatischen Zellen in ungleicher Verteilung sich vorfinden. Diese Steinzellen sind sogar ein unterscheidendes, ana-

---

[1]) Wortmann, Jul., Über die sog. Stippen der Äpfel. Landwirtsch. Jahrbücher 1892, Heft 3 u. 4.

tomisches Merkmal zwischen Birne und Apfel[1]). Es ist also nicht das Auftreten der Steinzellen, sondern nur die stärkere Wandverdickung der stets vorhandenen, aber in manchen Sorten relativ schwachwandig bleibenden Elemente, welche durch die Trockenheit bedingt ist. Dazu kommt, dafs ihr Zusammenhang mit dem umgebenden in trockenen Jahren zäheren Gewebe des Fruchtfleisches ein festerer bleibt.

Während bei dem sog. Steinigwerden der Birnen es sich nur um die gesteigerte Wandverdickung[2]) der normal angelegten Sklerenchymzellennester handelt, also nicht um eine Vermehrung der Elemente, sehen wir bei der *Lithiasis* eine durch Zellvermehrung nachträglich zustande kommende Anhäufung von Steinzellelementen. Diese treten auch schliefslich über die Oberfläche der Frucht hervor und bilden dann entweder gleichmäfsig verteilte oder auf der Sonnenseite gehäufte hellbraune, kreisrunde Flecke oder durch Verschmelzung landkartenartige Zeichnungen (Fig. 19), deren Oberfläche krümelige Beschaffenheit zeigt. Nicht selten leiden dieselben Birnsorten auch von *Fusicladium* (s. II. Bd.); jedoch lassen sich die Lithiasisflecke leicht durch ihre krümelige Beschaffenheit und die aufgeworfenen Wundränder von den glatten, meist geschwärzten Pilzflecken unterscheiden.

So weit bis jetzt die Beobachtungen reichen, leiden nur einzelne Sorten an Lithiasis, und zwar bilden manche vorherrschend rundliche Flecke, während bei anderen hauptsächlich zickzackartige klaffende Risse entstehen. Nicht immer sind die Steinnester vertieft; manchmal treten sie als schwach korkfarbige Polster über die Oberfläche hervor.

---

[1]) Turpin, Memoire sur la difference qu'offrent les tissus cellulaires de la pomme et de la poire etc. Paris. Compt. rend. 1838, I, S. 711 ff.

[2]) Der Stoff, aus welchem die schichtig verdickten Wände der Steinzellen bestehen, hat von Erdmann[3]) den Namen Glykodrupose erhalten. Der Name wurde deshalb gegeben, weil der Forscher glaubte, dafs die chemische Zusammensetzung dieser Zellen die gleiche wie in dem Gewebe ist, das den Stein der Pflaumen und Kirschen (*Drupaceen*) bildet. Die durch mäfsig konzentrierte Salzsäure zerlegte Substanz ergab zur Hälfte des Gewichtes Traubenzucker in Lösung; die ungelöst zurückbleibende Hälfte führt nun den Namen Drupose; diese hinterläfst bei dem Kochen mit Salpetersäure und Auswaschen mit Wasser, Ammoniak und Alkohol eine gelblichweifse Cellulose. Erdmann schliefst aus seinen Untersuchungen, dafs die Substanz der Steinzellen aus einem Kohlenhydrat entstanden sei, und zwar durch Austritt von Wasser und Sauerstoff aus Stärke oder Gummi, während bei dem normalen Reifungsprozefs zur Bildung des Zuckers Wasser aufgenommen werden mufs

Der Ansicht, dafs Zucker- und Cellulosebildung miteinander in innigem Zusammenhange stehen, gibt de Vries (Wachstumsgeschichte der Zuckerrübe, in den Landw. Jahrb. 1879, S. 438) Ausdruck. Er sagt, dafs man ganz gewöhnlich in denjenigen jungen Zellen eine Anhäufung von Traubenzucker findet, welche später ihre Wand stark verdicken. Beispielsweise sind die Bastfasern des Klees sowohl wie die Fasern der inneren Strangscheide der Gefäfsbündel, die im ausgewachsenen Zustande sehr dickwandig erscheinen, in ihrem jüngeren, noch dünnwandigen Stadium reich an Traubenzucker, während das umgebende Gewebe arm oder leer an Zucker ist. Dieselben Verhältnisse fand de Vries bei den jungen Bastfasern der Kartoffelpflanze und des Maises. Selbst in den später dickwandigen Haaren findet eine Akkumulation des Zuckers vor der Wandverdickung statt, so z. B. in den Haaren der jungen Kleeblätter, in deren Blattparenchym selbst kein Zucker nachgewiesen werden konnte. Ebenso ist nach de Vries im Wurzelparenchym derselben Pflanze der Zucker nicht zu finden, während er in den jungen Wurzelhaaren reichlich auftritt. Bekannt ist die durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure nach Erhitzung mögliche Überführung der Cellulose in Dextrin und Zucker. Man vergleiche auch die neueren Untersuchungen über die Hemicellulosen: Mannan, Galactan und Araban.

[3]) Liebig's Annalen, Bd. 138, S. 101; cit. im Jahresbericht f. Agrikulturchemie 1866, S. 99.

An den gesunden Stellen der steinkranken Birne ist ein ganz normaler Bau zu finden, d. h. unterhalb der schmalzelligen, nicht sehr dickwandigen, farblosen Epidermis (Fig. 20 *e*) liegen drei bis vier Schichten meist tangential gestreckter oder kubischer Parenchymzellen (*p*), die plasmareicher als die tieferliegenden Gewebe sind und Chlorophyll, aber keine Stärke führen. Die Stärke findet sich erst in dem Innenfleische allmählich ein, und ihre Körner pflegen an Gröfse nach dem Samengehäuse hin zuzunehmen. Unterhalb der äufseren chlorophyllreichen Zelllagen beginnt die Einlagerung der Steinzellennester (*st*), die im normalen Fleisch wenigzellige Gruppen bilden und bei den derbfleischigen Früchten nur durch kleine Zwischenfelder von zartem Parenchym (*zp*) geschieden sind. Von der Peripherie nach dem Innern der Frucht fortschreitend, werden die Steinzellengruppen spärlicher, und das umgebende Parenchym nimmt eine sternförmige Anordnung an.



Fig. 19. Birne an Lithiasis erkrankt. (Orig.)

In den ersten Stadien der Erkrankung findet man bei den stets noch grünen und harten Früchten, dafs unterhalb der unverletzten und farblosen Epidermis einzelne Zellen keine Chlorophyllkörper besitzen, sondern einen braunen, stark lichtbrechenden, klumpig zusammengeballten Inhalt haben. Allmählich vermehrt sich die Zahl dieser gebräunten Zellen, und nun bricht die Oberhaut auf. Unter der aufgebrochenen Stelle, die sich durch Zusammentrocknen und krümeligen Zerfall der Gewebe zu einer Grube (*gr*) zunächst vertieft, findet man auch mitten im Fruchtfleisch braunwandiges absterbendes Gewebe (*br*), das später bisweilen zerreifst und Lücken bildet. Bisweilen in diesen Lücken, stets aber in den offenen peripherischen Gruben (*gr*) ist farbloses schlankes Mycel zu finden, das eine nachträgliche Einwanderung darstellt und den Gewebezerfall beschleunigen dürfte.

Die auffälligste Erscheinung besteht nun darin, dafs nach Entstehung der Grube das dieselbe veranlassende Absterben des Fruchtfleisches aufhört und sich nun geschlossene Massen neugebildeter, sklerenchymatischer Elemente in fächerförmiger Anordnung polsterartig vorzuwölben beginnen (*l*). Diese Kissen aus Steinzellen treiben das abgestorbene Rindengewebe (*t*) vor sich her und stofsen dasselbe ab.

Die einzelnen Elemente der Steinzellenpolster sind im Querschnitt quadratisch oder quer rechteckig und liegen nahezu lückenlos aneinander; sie färben sich schon in früher Jugend durch Anilin sulph. leuchtend gelb und lösen sich auch im spätesten Alter leicht in Schwefelsäure, ohne dafs eine Ausscheidung von Gipskristallen beobachtet werden konnte. Während die normalen Steinzellennester bei

Einwirkung von Chlorzinkjod gröfstenteils gelb bleiben, färben sich die Elemente der nachgewachsenen Sklerenchympolster nach einiger Zeit entweder gänzlich oder doch in den innersten Membranlamellen blau.



Fig. 20. Querschnitt eines Steinzellenpolsters bei einer an Lithiasis erkrankten Birne. (Orig.) Figurenerklärung im Text.

Das Wachstum dieser Sklerenchympolster erfolgt durch eine Meristemschicht (*m*), die sich unterhalb der abgestorbenen Rindenlagen bildet und zunächst aussieht, als ob sie zu einer den Krankheitsherd abschliefsenden Tafelkorklage werden wollte, wie dies bei den Fusicladiumpolstern zu beobachten ist. Dies ist jedoch nicht der Fall, sondern die Meristemlage bleibt, solange die Frucht noch grün und krautartig ist, in Tätigkeit. Nach aufsenhin bildet sie (meist spärlich) neue dünnwandige Rindenzellen, die allmählich der Zerstörung durch Bakterien und Mycelpilze wiederum anheimfallen, während sie auf ihrer inneren, dem (meist samenlosen) Kernhause zugewendeten Seite die dickwandigen Elemente der Steinzellpolster vermehrt.

Die fächerartige Anordnung der Zellreihen bei denselben erklärt sich durch die Gewebespannung, welche der Schwellungsprozefs der unreifen Frucht veranlafst. Wenn dabei die Neubildung der Steinzellen stärker ist, als die Ausdehnung des parenchymatischen Fruchtfleisches, dann wölben sich die Steinzellgruppen polsterartig vor. In der Regel halten aber beide Vorgänge gleichen Schritt, und dadurch, dafs schliefslich das pathogene Meristem abstirbt und die äufseren Steinzellen sich in ihrem Verbande lockern, entsteht die krümelige Beschaffenheit der Steinflecke.

Dafs solche an der Lithiasis erkrankten Früchte ungeniefsbar sind, ist selbstverständlich.

Da die Erscheinung nicht bei allen Sorten zu finden ist und selbst bei denselben Sorten nicht alljährlich, sondern nur auf trockenen Böden in trockenen Jahren zu störender Entwicklung gelangt, so liegt die Vermutung nahe, dafs die Veredlungsunterlage mitspricht. Schwachwüchsige Unterlagen, die einem trockenen Boden mit ihrem geringen Wurzelvermögen nur ungenügende Wassermengen für eine schnellwüchsige Krone entnehmen können, werden besonders das Steinigwerden begünstigen. Sollte daher die Krankheit sich öfter wiederholen, so versuche man bei Zwergbäumen auf leichtem Boden ein Veredeln der Birnen auf möglichst schnellwüchsige Quittenvarietäten. Bei Standbäumen suche man durch Auffrischen des Bodens, durch Düngung des Untergrundes und reichliche Bewässerung und in — hartnäckigen Fällen — selbst durch Verjüngung der Krone nach der Düngung einzugreifen. Ein möglichst schnell vor sich gehender Schwellungsprozefs der Frucht dürfte dieselbe am besten gegen die übermäfsige Steinzellenbildung schützen.

ζ. Für trockene Böden geeignete Obstsorten.

Gemäfs der leitenden Idee unseres Handbuches, dafs man vielen Krankheiten vorbeugen könne, wenn man für unsere Kulturpflanzen stets die ihrem Charakter entsprechenden Lebensverhältnisse eingehender berücksichtigen würde, geben wir hier bei den durch Trockenheit begünstigten Krankheiten des Obstes eine Aufzählung bekannterer Kultursorten, welche speziell für trockene Böden geeignet sind [1]):

Virginischer Rosenapfel, Ende Juli. L. Str. Scharlachrote Parmäne, Herbst. L. Str. Landsberger Reinette, Herbst. L. Str. Danziger Kant-

[1]) Oberdieck, Deutschlands beste Obstsorten. Leipzig, Voigt, 1881. L. bedeutet empfehlenswert für den Landwirt; Str. geeignet zur Anpflanzung an Strafsen. Die Monatsbezeichnung hinter dem Sortennamen weist auf die Zeit der Vollreife hin.

apfel, Herbst. L. Winter-Goldparmäne, Winter. L. Str. Reinette von Orleans, Winter. Str. (Für den Landwirt da, wo besserer Boden ist.) Gelber Bellefleur, Winter. L. Str. Alantapfel, L. Deutscher Goldpepping, Winter. L. Muſs bis Mitte oder Ende Oktober am Baume sitzen. Groſse Kasseler Reinette, Winter bis Sommer haltbar. L. Str. Purpurroter Cousinot, Winter bis Sommer.

Birnen für trockene Böden: Hannoversche Jakobsbirne, Ende Juli. L. Str. Clapp's Lieblingsbirne, August. L. Erzherzogsbirne, August. L. Gute Graue, Anfang September. L. Str. Kuhfuſs, Anfang September. L. Str. Madame Treyve, September. Esperen's Herrenbirne, Ende September. L. Str. Bosc's Flaschenbirne, Ende Oktober. L. Marie Luise. Anfang November. L. Str. Josephine von Mecheln, Dezember. Madame Korté, Januar. Kampervenus, Kochbirne für den ganzen Winter. L. Str.

Bei Kirschen ist bekannt, daſs dieselben einen gut durchlüfteten, trockenen Boden durchgängig lieben. Dagegen ist es bei Pflaumen, die durchschnittlich auf einem feuchten, schweren Boden besser gedeihen und meist auch süſsere Früchte liefern, wünschenswert, eine Anzahl der weniger Wasser beanspruchenden Sorten kennen zu lernen.

Biondecks Frühzwetsche, Anfang August. Frühe Aprikosenpflaume, Mitte August. Anna Lawson, Ende August. Bunter Perdrigon, Ende August. Groſse Reineclaude, Anfang September. Althann's Reineclaude, Anfang September. Violette Jerusalemspflaume, Anfang September. Anna Späth, Mitte September. Hauszwetsche, Ende September. Als Straſsenbaum empfiehlt sich die Pflaume schon ihrer Wuchsform wegen nicht sehr.

Als Sorten, die auf trocknen, leichten Böden im Küstenklima sich bewähren, sind zu nennen[1]): 1. Äpfel: Landsberger Reinette, Purpurroter Cousinot, Charlamowsky, Geflammter Kardinal, Baumanns Reinette; für die Provinzen an der Ostsee und Nordsee eignet sich ganz besonders der Prinzenapfel. 2. Birnen: Gute Graue, Bosc's Flaschenbirne, Rote Bergamotte, Juli-Dechantsbirne. 3. Pflaumen: Gr. blaue Hauszwetsche. 4. Kirschen: Gewöhnliche Sauerkirsche.

Stauchlinge.

Wie fast überall in der Natur werden dieselben Effekte durch verschiedenartige Mittel erzielt. Auch bei dem Zwergwuchs ist der beschränkte Bodenraum nur eine der Ursachen; eine andere ist Nährstoffmangel, der entweder durch geringe Zufuhr roher Bodenlösung zum Wurzelkörper oder auch durch Verminderung von organischer Reservenahrung hervorgerufen werden kann. Letzteren Fall werden wir später noch zu berücksichtigen haben bei dem „Pincement Grin", d. h. dem Abstutzen von Blättern zur Verhinderung des Austreibens der in ihren Achseln befindlichen Augen, und bei der Entstehung zwerghafter Pflänzchen durch Abschneiden nährstoffreicher Kotyledonen.

Bei dem durch physikalisch ungünstige Bodenbeschaffenheit, nämlich zu groſse Lockerheit, veranlaſsten Nanismus kann aber auch der Wassermangel allein in Betracht kommen. Man darf sich nur vergegenwärtigen, daſs selbst bei reichlichem Gehalt des Bodens an

[1]) Nach brieflicher Mitteilung von Herrn Baumschulbesitzer Klitzing in Ludwigslust.

mineralischen und organischen Nährstoffen die Gröfse der Pflanze von der Streckung der einzelnen Zellen abhängt und diese durch den von der Wasserzufuhr aus der Wurzel beeinflufsten Turgor reguliert wird, und man kommt alsbald zu dem Schlusse, dafs eine geringe Wasserzufuhr während der Vegetationszeit kleine, zwerghafte Exemplare erzeugen mufs. Jede Exkursion über sandige Strecken, denen ein feuchter Untergrund fehlt oder doch sehr entfernt liegt, gibt Beispiele genug. Über die Verkürzung der Zellen bei Wassermangel habe ich ausführliche Messungen veröffentlicht[1]. Für die Verzwergung bei Mangel an den anderen Nährstoffen unter Überschufs an Wasser hat MÖLLER[2] den experimentellen Nachweis geliefert und auch den Satz bestätigt, dafs bei gering konzentrierten Nährlösungen der Wurzelapparat relativ an Masse zunimmt. Zu demselben Resultat ist MÖBIUS[3] bei seinen vergleichenden Kulturen von *Xanthium* in Sand- und Lehmboden gelangt. Er fand bei den Sandpflanzen stärkere Verzweigung des Wurzel- und Stammkörpers, kleinere schmalere Blätter und eine geringere Anzahl von Drüsenhaaren gegenüber den in Lehmboden erzogenen Exemplaren. Bei letzteren schien dagegen der Gehalt an Kalkoxalatkristallen geringer zu sein. Die Dornen wurden auf Sandboden kleiner, aber die Membranen aller verholzten Elemente, wie es schien, wesentlich dicker.

Vergleichende Studien über den Einflufs trockner und feuchter Standorte finden wir auch bei DUVAL-JOUVE[4], der feststellte, dafs auf trocknen, heifsen Standorten besonders die Ausbildung der Hartbastbündel gefördert, in schattigen, feuchten Lagen aber zurückgehalten wird. Sehr eingehend sind die Beobachtungen von VOLKENS[5] an *Polygonum amphibium* in seiner Sand- und Heideform und der Wasserform. Bei der Sandform ist der Stengelumfang auf Kosten des zentralen Luftkanals geringer; die Rindenzellen sind stärker verdickt, und zwischen Rinde und Phloëm schiebt sich ein ziemlich breiter Ring ungemein verdickter, mechanischer Zellen ein. Es bildet sich ein geschlossener Holzzylinder, dessen Gefäfssystem fast zwei- bis dreimal so stark entwickelt ist als bei dem der Wasserstengel; bei letzteren erleichtert das Fehlen dickwandiger Elemente und das Auftreten starker Luftlücken das Schwimmen. Die Blattstiele der Wasserform, welche ohne jede mechanische Verstärkung, sind bis sechsmal so lang, als die der Landform, deren Mittelrippen durch starke Collenchymstränge verstärkt sind. Die Palisadenzellen der Blätter sind in den Wassersprossen stärker entwickelt; dagegen fehlen ihnen die stark entwickelten Borsten auf der Oberfläche und aufserdem die etwas gröfseren Epidermiszellen der Oberseite, welche bei der Landform einen schleimigen Inhalt bergen, der von VOLKENS als Wasserreservoir in Zeiten grofser Trockenheit gedeutet wird. Bei der bekannten Rose von Jericho (*Anastatica hierochuntica*), dieser sich bei Trockenheit kopfartig zusammenschliefsenden Wüstenpflanze, beruht das Zusammenneigen der Zweige darauf.

---

[1] SORAUER, Bot. Zeit. 1873.

[2] MÖLLER, Beiträge zur Kenntnis d. Verzwergung. Landw. Jahrb. 1883, S. 167.

[3] MÖBIUS, M., Über den Einflufs des Bodens auf die Struktur von *Xanthium spinosum* usw. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1905, Bd. XXII, Heft 10.

[4] DUVAL-JOUVE, Anordnung der Gewebe im Blatte der Gräser. Bot. Jahresb. v. Just 1875, S. 432.

[5] VOLKENS, Beziehungen zwischen Standort und anatomischem Bau der Vegetationsorgane. Jahrb. d. Kgl. Bot. Gartens zu Berlin. Bd. III, 1884, S. 46; cit. Bot. Centralbl. 1884, Nr. 46.

daſs die Holzzellen auf den verschiedenen Zweigseiten eine verschiedene Quellungsfähigkeit in der Längsrichtung besitzen, welche mit einer ungleichen Verholzung Hand in Hand geht.

Von vornherein wird man sich sagen müssen, daſs jede beschränkte Nährstoffzufuhr, die zum Nanismus führt, sich in der Zuwachsgröſse, also in der Bildung der sekundären Gewebe am meisten ausprägen muſs. Den anatomischen Nachweis hat GAUCHERY[1]) geliefert, der Fälle anführt, bei denen das Cambium nur wenige Zellreihen neu gebildet hat. Manchmal konnte er zwischen Phloëm und Xylem überhaupt gar keine meristematische Zone mehr feststellen: es muſs also der ursprüngliche Cambiummantel infolge mangelhafter Ernährung alsbald in Dauergewebe übergegangen sein.

Bei den Pflanzen, die auf sandigem oder steinigem Boden unter vielfachem Wassermangel zu wachsen gezwungen sind, kommt eine andere Form der Hypoplasie[2]) (Hemmungsbildung) zur Erscheinung. Es ist nicht so sehr die Zahl der Zellelemente, welche vermindert erscheint, als deren Gröſse: es bilden sich nämlich Exemplare aus, die wir als „Stauchlinge“ bezeichnen möchten. Wir verstehen darunter Holzpflanzen, die nicht bis zur Verzwergung in ihrem Wachstum zurückgehalten werden, wohl aber durch die auffällige Verkürzung ihrer Achsenorgane einen gedrückten, knorrigen Habitus zeigen.

Bei diesem Habitus gilt als charakteristisches Merkmal die scharf hervortretende gesteigerte spiralige Drehung der Holzelemente des Stammes. Die schönsten Beispiele sehen wir bei *Syringa* und *Crataegus*. Wir können uns das Zustandekommen der verstärkten Spiralwindung erklären, wenn wir die Richtung der Holzzellen als die Diagonale eines Parallelogramms zweier Kräfte auffassen.

Am Scheitel jeder sich streckenden Achse wirkt einerseits das Streben nach Längenwachstum, bei dem als Schwellfaktor die Streckung des Markkörpers ausschlaggebend wird. Anderseits wirkt die allseitige Vergröſserung der jugendlichen Zellen auch als Ursache für die radiale Ausweitung des Stammkörpers. Wenn wir uns eine in der Längsstreckung begriffene, ganz jugendliche Holzzelle im Cambiummantel einer Stammspitze denken, so wird dieselbe um so weniger aus ihrer ursprünglichen Längsrichtung abgelenkt, je mehr das Längenwachstum des Stammscheitels im Verhältnis zum Dickenwachstum überwiegt. Je mehr aber die reichlich angelegten jungen Holzzellen, während sie sich verlängern, durch das Dickenwachstum des Markzylinders in der Richtung des Stammradius nach auſsen gedrückt werden, desto schärfer wird ihre spiralige Drehung. Deshalb sehen wir bei Pflanzen auf feuchtem, nahrhaftem Boden schlanke, lange Triebe mit geringer Spiraldrehung und auf wasserarmen Sandböden oder bei sonstigen Behinderungen des Längenwachstums kurze Achsen mit starker Drehung.

Unsere Auffassung findet ihre Bestätigung bei der später zu erwähnenden „Zwangsdrehung“: Je mehr die Stengel tonnenförmig aufgetrieben sind, desto schärfer die spiralige Drehung der Blattspurstränge.

Wir erwähnen diesen Punkt deshalb, weil das Auftreten derartig stark gedrehter Stauchlinge als Symptom für die Beurteilung der Bodenverhältnisse wertvoll wird.

---

[1]) GAUCHERY, Recherches sur le nanisme végétal. Ann. sc. nat. Bot. 1899. VIII sér., t. IX.

[2]) KÜSTER, E., Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903. S. 21. Hier reichliche Literatur.

Verhaarung (Pilosis).

Pflanzen auf trockenem Boden erhalten schon ein behaarteres Aussehen, selbst wenn sich nicht mehr Haare als auf feucht stehenden Exemplaren derselben Art ausbilden. Wenn eine bestimmte Menge Haare auf einem Blatte gebildet wird, so rücken diese Haare auf einen kleineren Raum dadurch mehr zusammen, daſs die sie trennenden Epidermiszellen kürzer bleiben. Hieraus erklärt sich teilweis schon die Beobachtung, daſs Hochgebirgspflanzen bei der Kultur in der Ebene weniger behaart erscheinen; diese Pflanzen werden üppiger, die Dimensionen ihrer Organe gröſser, die Haare rücken weiter auseinander. Aber es findet in der Tat auch auf trockenen Standorten eine vermehrte Neubildung von Haaren statt. So zitiert MOQUIN-TANDON[1]) Beobachtungen von LINNÉ, daſs der Pfirsichblättrige Knöterich (*Polygonum Persicaria* L.) an Wasserrändern ganz kahl, an trockenen Stellen mit Haaren besetzt erscheint; unser Feldquendel (*Thymus Serpyllum* L.) verliert am Meeresstrande seine Kahlheit und erhält einen kurzhaarigen Überzug. Unser Türkenbund (*Lilium Martagon* L.), der seit langer Zeit in Gärten kultiviert wird, ist kahl; er wird aber wieder behaart wie die wilde Pflanze, wenn er auf schlechteren Boden kommt usw. Solche Erscheinungen lassen sich auch bei Gartenpflanzen beobachten, die durch Selbstaussaat auf sandigen Feldstellen sich entwickeln.

Eine ungewöhnliche Haarbildung findet ferner bei manchen Pflanzenteilen statt, die sich nicht mehr zu ihrer bestimmten Gestalt ausbilden. Nach MOQUIN-TANDON bedecken sich die Staubfäden der dreimännigen Winde mit dicken Wollhaaren; ähnlich verhalten sich die Staubfäden mehrerer Arten von Wollkraut (*Verbascum*), wenn die Staubbeutel verkümmern. Die Blütenstiele des Perückenbaumes (*Rhus Cotinus*) sind vor der Blüte und, wenn sie Früchte tragen, kaum behaart; wenn dagegen die Früchte sich nicht ausbilden, so werden die unfruchtbaren Blütenstiele länger, und es kommen jetzt zahlreiche lange, violette Haare an ihnen zum Vorschein. Letztgenannte Haarbildungen gehören nicht zu den mit der Trockenheit in Verbindung stehenden Erscheinungen, sondern sind als Korrelationsvorgang aufzufassen. Das Wasser und Nährstoffmaterial, das bei der Ausbildung von Staubbeuteln oder Früchten Verwendung finden sollte, kommt bei Zerstörung der Sexualorgane anderen Organteilen in erhöhtem Maſse zugute. Teilweise gehören vielleicht auch die neuerdings bei der Parthenogenesis beobachteten Erscheinungen hierher, daſs die Mikropyle infolge haarartig verlängerter Zellen des Griffelgewebes oder der Integumente verstopft wird[2]).

Auch bei dem Wurzelapparate sehen wir, je nach dem Aufenthalt der Wurzel, die Behaarung wechseln. Bei denselben Arten kann sich der Apparat in Form langer, schlanker, peitschenförmiger, wenig verzweigter, kahler oder fast kahler Äste entwickeln, wenn die Wurzel in Wasser oder in einen lockeren, mit Wasser gesättigten Sand taucht. Die Wurzeläste werden um so kürzer, knorriger, verzweigter und behaarter, je trockener im allgemeinen der Boden, je mehr also die Wurzel nur die feuchte Luft der Bodenzwischenräume zur Verfügung

[1]) Pflanzen-Teratologie, übersetzt von SCHAUER, 1842, S. 61.

[2]) WINKLER, H., Über Parthenogenesis bei *Wikstroemia*. Ber. d. D. Bot. Ges., Jahrg. 1904, Bd. XXII, S. 573.

hat. In ganz trockener Luft entwickeln (nach PERSECKE)[1]) die Wurzeln auch keine Haare mehr. Schliefst man Wurzeln in feuchte Luft ein, so entwickeln sich die jungen Wurzelspitzen kurz unterhalb ihres fortwachsenden Endes ganz bärtig, da fast jede Oberhautzelle sich zu einem Haare ausstülpt.

Bei den oberirdischen Pflanzenteilen, welche an trockene Luft gewöhnt sind, mufs der Feuchtigkeitsgrad der Luft auffallend gering sein, wenn die Haarbildung intensiv hervorgerufen werden soll, wie C. KRAUS[2]) bei Kartoffelkeimen angibt. In sehr feuchter Luft sind die Kartoffelkeime derselben Sorte haarlos oder nur mit wenigen und kürzeren Haaren besetzt. Es ist also bei den oberirdischen Organen der Einflufs der feuchten Luft gegenüber der trockenen, welche die Behaarung verhindert; bei den auf tropfbar flüssiges Wasser meist angewiesenen Wurzeln wird derselbe Effekt durch dauernde Wasserzufuhr erzielt, gegenüber dem haarbefördernden Einflufs der feuchten Luft.

Die extreme Haarbildung ist daher bei der ober- und unterirdischen Achse die Folge gleichsinnig wirkender Ursachen: es wird den Organen die gewohnheitsgemäfs notwendige Wassermenge in dem Stadium, in welchem sie sich entwickeln, vorenthalten.

Zur Erklärung der Tatsache, dafs gröfsere Trockenheit des umgebenden Mediums die Haarbildung befördert, haben KRAUS[2]) und MER[3]) die Erscheinung herbeigezogen, dafs mit der beförderten Haarbildung in trockenen Medien das Längenwachstum des Organs gemäfsigt oder gehemmt ist. Beide Forscher meinen nun, dafs das Material, das durch die verhinderte Längsstreckung der Zellen des Achsenzylinders erspart wird, zur Ausbildung der Haare verwendet wird. Aufser den oben angeführten Beispielen von *Rhus* u. a. stützen auch Beobachtungen von HECKEL die Ansicht, dafs mit der überreichen Haarentwicklung mangelhafte Ausbildung anderer Teile Hand in Hand gehe. HECKEL[4]) sah Exemplare von *Lilium Martagon* L. und *Genista aspalathoides* Lam. mit ungewöhnlicher Behaarung unter Reduktion der Blütenteile. KRAUS betont, dafs mit der Abnahme des Längenwachstums eine Erhöhung des Turgors in der Querrichtung des ganzen Organs stattfinde (wie wir bei der Ausbildung des Markkörpers der „Stauchlinge" angenommen haben), der sich auch auf die Epidermiszellen erstrecke und dieselben zur Ausstülpung von Haaren anrege. VESQUE[5]) schreibt, wie MER und KRAUS, der vermehrten Transpiration die Beförderung der Haarbildung zu.

Die Anregung für die Epidermiszellen zur massenhaften Haarbildung erfolgt häufig auch von seiten parasitärer Tiere, wie z. B. von Milben, die mit ihren Mandibeln die jugendlichen Blätter verwunden und dadurch die sog. Filzkrankheit erzeugen. Es finden diese Haarbildungen bei den Gallen ihre Beschreibung. In der älteren Mykologie sind solche durch den Saugreiz von Milben entstandenen Haarfilze als Pilze (*Erineum* Pers., *Taphrina* Fr., *Phyllerium* Fr.) beschrieben.

[1]) PERSECKE, Über die Formveränderung der Wurzel in Erde und Wasser. Inauguraldissertation, Leipzig 1877.

[2]) KRAUS, Beobachtungen über Haarbildungen, zunächst an Kartoffelkeimen. Flora 1876, S. 153.

[3]) MER, Recherches expérimentales sur les conditions de développement des poils radicaux. Compt. rend. LXXXVIII (1879), S. 665.

[4]) HECKEL, Du pilosisme déformant dans quelques végétaux. Compt. rend. t. XCI, 1880, p. 348.

[5]) Sur les causes et sur les limites des variations de structure des végétaux. Cit. Bot. Centralbl. 1884, Nr. 22, S. 259.

Das Verholzen der Wurzeln.

Das Verholzen der Wurzelfrüchte besteht darin, dafs die Zellelemente der Gefäfsbündel, welche durch die Kultur parenchymatisch geworden waren, zur prosenchymatischen, holzigen Beschaffenheit der Stammform zurückkehren. Die Mohrrübe z. B., die uns zur Speise dient, hat eine Mutterpflanze, deren Wurzel aus einem starken, harten Holzkörper und einer dünnen, weichen Rinde besteht. Die Zellen des Holzkörpers sind wie alle übrigen Holzzellen dickwandig, spindelförmig, zwischen einander gekeilt. In der kultivierten Wurzel sind statt dieser Holzzellen dünnwandige, wenig langgestreckte, fast stumpf aufeinandergesetzte Zellen vorhanden und die Gefäfse selbst, die jetzt in zerstreuten Gruppen zwischen den parenchymatischen Zellen liegen, sind wenig verholzt. Die Milchsaftgefäfse, welche sich in der Rinde bilden, wenn die schraubigen, porösen Gefäfse im Holzkörper entstehen, sind, ebenso wie sämtliche Zellelemente der Rinde, weiter geworden. An Stelle der Stärke, die in der wilden Mohrrübe das ganze Rindengewebe anfüllt, auch im Holzkörper hier und da auftritt und bis auf 70 % des Trockengewichtes steigt, ist in den guten Speiserüben der Zucker getreten, so dafs dort nur Spuren von Stärke zu finden sind. Je feiner die Sorte, um so mehr schwindet der Stärkegehalt, wie bei der holländischen, blafsgelben und der Duwicker Karotte. Von diesen finden sich allmählich Übergänge nach der wilden Pflanze hin in anderen Kulturvarietäten, die als Futter benutzt werden, wie die Altringham-Möhre und die weifse Pferdemöhre. Von allen Sorten zeigen sich auf magerem Boden Exemplare, die in der Regel im Herbst in Samen schiefsen und sich durch eine dünne, oft geteilte, durch ihre Verholzung sehr deutlich an die wilde Mohrrübe erinnernde Wurzel auszeichnen. Ebenso verhält es sich mit Wrucken, Steckrüben, Rettichen, Kohlrabi usw.

Am besten werden die Unterschiede durch einen Vergleich der anatomischen Bilder klar. In Fig. 21 sehen wir den Längsschnitt durch eine zweijährige wilde Mohrrübe. *a* ist das vertikal gestreckte Parenchym des markartigen Zentralteils mit zerstreut stehenden spiralig-porösen Gefäfsen; *b* der Holzkörper aus spindelförmigen Holzzellen nebst Gefäfsen und einem Teil der nach der sekundären Rinde hin verlaufenden Markstrahlen; *c* das zum langgestreckten dünnwandigen Parenchym gewordene Cambium; *d* sekundäre Rinde mit ihren dem Verlauf der Milchsaftgefäfse folgenden Resorptionsstellen; *e* primäre Rinde; *f* Kork.

Fig. 22 ist die entsprechende Partie aus einer zweijährigen kultivierten Mohrrübe. Die Buchstaben bedeuten in beiden Figuren dieselben Teile, und bei Vergleich der gleichbezeichneten Gewebe tritt die Veränderung des Holzkörpers *b* und die Zunahme in den Dimensionen der sekundären Rinde bei der kultivierten Möhre klar vor Augen.

Bei allen Wurzelgemüsen tritt das Verholzen auch normal auf, wenn sie zu alt werden, und dann ist dieser Prozefs, wie in den vorzeitig verholzenden Exemplaren, von einem teilweisen Verschwinden des Zuckers begleitet.

Bekannt ist die Erfahrung, dafs manche unserer Gemüsepflanzen in den heifsen Klimaten alsbald verholzen. Gegen letzteren Umstand wird schwerlich Abhilfe zu schaffen sein, da der tropische Wärme- und Lichtüberschufs die schnelle Verholzung ermöglichen. Bei den Kulturen in den gemäfsigten Klimaten kann das Verholzen durch reichliche Bewässerung und Düngung bestimmt vermieden werden; nur ist dabei zu

beachten, daſs das Land tiefgründig und der Same gut ist. Auf die Auswahl des Saatgutes ist besondere Aufmerksamkeit zu verwenden, weil Same aus trockenen Lokalitäten eine gröſsere Neigung zur Verholzung und zur Vielschwänzigkeit der Wurzeln mitbringt.

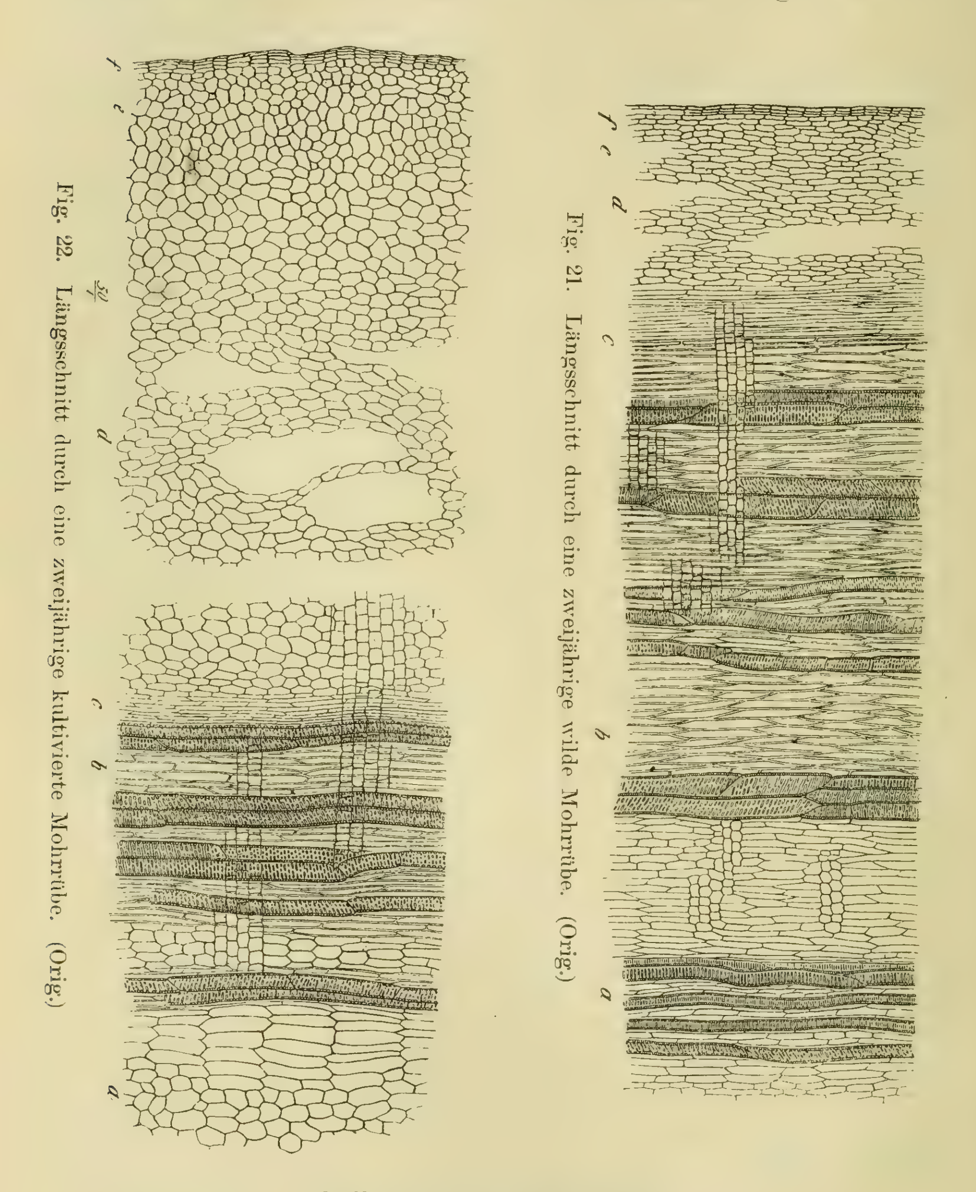


Fig. 22. Längsschnitt durch eine zweijährige kultivierte Mohrrübe. (Orig.)

Fig. 21. Längsschnitt durch eine zweijährige wilde Mohrrübe. (Orig.)

Ballentrocknis der Ericaceen.

Eine eigenartige Empfindlichkeit des Wurzelkörpers gegen Trockenheit ist bei der Kultur der zahlreichen Arten und Varietäten aus den Gattungen *Erica*, *Azalea*, *Rhododendron* und andern *Ericaceen* zu berücksichtigen. Genannte Pflanzen vertragen kein vollständiges Aus-

trocknen des Wurzelballens. Während andere Pflanzen einen Wassermangel bis zum oftmaligen Welken ohne jede bemerkbare Schädigung an sich vorübergehen lassen und nach Wasserzufuhr weiter wachsen, scheinen die einmal gänzlich trocken gewordenen feinen Wurzeläste der Ericaceen ihre Funktion nicht mehr aufnehmen zu können. Ich untersuchte in einem Falle die Wurzeln einer ballentrocken gewesenen und nachher 24 Stunden in Wasser untergetauchten *Erica gracilis* und fand die feinen Wurzelenden trotz des Aufenthaltes im Wasser noch geschrumpft. Der Charakter der meisten Ericaceen als Moor- und Heidepflanzen kommt darin zum Vorschein, dafs sie (mit Ausnahme einzelner Arten) in einem reichlich bewässerten, leicht durchlüftbaren Boden am besten gedeihen. Dem reichen Luftbedürfnis der Wurzeln mufs man durch Kultur der Pflanzen in kleinen Töpfen möglichst Rechnung tragen. Die Eriken wurzeln dann schnell durch. In grofsen Töpfen versauern die Pflanzen leicht. Auf Ballentrocknis antworten die Eriken und Azaleen mit Blattabwurf. Es ist aber falsch, das begangene Versehen dadurch gut machen zu wollen, dafs man nun den Topfballen in Wasser steckt und nach Vollsaugen der Erde die Pflanzen in geschlossene Kästen stellt, um die Verdunstung möglichst herabzudrücken und die Pflanzen zur Turgescenz zu bringen. Man lasse sie im Gegenteil an ihrem bisherigen Standort, aber beschatte sie stärker in den Mittagsstunden.

Mittel gegen den Wassermangel im Boden.

Wenn sich Wassermangel im Boden durch Rückgang der Vegetation kenntlich macht, was auf sandigen Böden am häufigsten einzutreten pflegt, wird man naturgemäfs, wo es möglich ist, zur Berieselung schreiten. Mit solcher Wasserzufuhr erzielt man nicht nur die Erfrischung der Gewebe, sondern bringt auch eine Auflösung, Zufuhr und neue Verteilung der Bodennährstoffe zuwege.

Berieselung.

Bei der häufigen Senkung des Grundwasserspiegels bildet die Berieselung eine Lebensfrage, und es ist interessant, die Ergebnisse der Untersuchungen von König [1]) über die Wirkungen des Rieselwassers kennen zu lernen. Danach sieht man, dafs das Wasser während des Berieselns einer Wiese sehr viel Nährstoffe verliert, und zwar während der wärmeren Jahreszeit erheblich mehr als in der kalten. Die Abnahme betrifft jedoch nicht alle Nährstoffe. Wenn sich der Kohlensäuregehalt des Rieselwassers steigert, nehmen sogar fast immer Kalk und Magnesia zu, anstatt ab. Ihre Menge scheint, wie die der Kohlensäure, mit der Intensität der Oxydationsvorgänge im Boden zu steigen und zu fallen. Im Gegensatz zu den vorgenannten Nährstoffen scheint das Kali zu jeder Zeit vom Boden absorbiert zu werden, da auch im Winter bei der Berieselung sich eine geringe Abnahme dieses wichtigen Minerals im Wasser nachweisen liefs. Das Natrium, resp. Chlornatrium zeigte während der Winterrieselung, ebenso wie Salpeter- und Schwefelsäure, fast immer eine geringe Zunahme, während sie in der Vegetationszeit sich vermindern, also wahrscheinlich direkt von den Pflanzen aufgenommen werden.

[1]) Journal für Landwirtschaft. Jahrg. 1880, Bd. 28, Heft 2.

Der Sauerstoffgehalt des Wassers, der, wie der Verfasser schliefst, durch Oxydation der organischen Bodensäuren auch bodenreinigend wirkt, ist je nach der Art des Berieselungswassers und je nach der Jahreszeit verschieden. KÖNIG fand, dafs dieser Gehalt im Frühjahr am höchsten, im Sommer am geringsten und im Herbste wieder zunehmend sich zeigt. Quellwasser ist sauerstoffreicher als ein schon durch bewohnte Ortschaften gegangenes Flufswasser, und umgekehrt verhalten sich die suspendierten, organischen Stoffe, die von dem noch armen Quellwasser daher aus dem Boden aufgenommen, von dem reichlich gesättigten Flufswasser dagegen abgesetzt werden.

Temperaturbeobachtungen bei 40 cm Tiefe ergaben während der kälteren Jahreszeit eine Differenz in der Wärme bis zu 2,8° C. zugunsten des berieselten Landes, und dieser Temperaturerhöhung dürfte es zuzuschreiben sein, dafs berieselte Wiesen eher ergrünen und später im Herbst vergilben.

Wie schnell wirkend die Bodenabsorption ist, wenn der Boden nicht gesättigt und das Wasser zum Rieseln hochgradig mit Dungstoffen beladen ist, zeigte KÖNIG durch einen Versuch, bei welchem er künstlich Latrinenstoffe dem Rieselwasser beigemengt hatte. Nach einmaliger Benutzung des Wassers liefs sich nachweisen, dafs der Boden 84,5 % der organischen Stoffe, 74,2 % des Ammoniaks, 81,6 % des Kalis und 86,8 % der Phosphorsäure bereits aufgenommen hatte. Nach der dritten Benutzung desselben Wassers konnten diese Stoffe im abfliefsenden Wasser überhaupt nicht mehr nachgewiesen werden. Natürlich sind diese Zahlen nur für den im Versuch gegebenen Fall gültig und ändern sich je nach der Sättigung des Bodens und Wassers, haben also z. B. keine Gültigkeit für die Spüljauchenberieselung, bei welcher die Böden in verhältnismäfsig kurzer Zeit mit Nährstoffen überladen sein müssen. Dennoch zeigen die Versuche, welche vielseitigen Vorteile man bei richtiger Anwendung der Berieselung erreichen kann. Die Wichtigkeit einer künstlichen Bodenbewässerung wird jetzt immer mehr anerkannt. Der beste Beweis findet sich in den Verhandlungen der Landeskultur-Abteilung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft [1]), in welcher die Fragen direkter Wasserzufuhr oder Hebung des Grundwasserspiegels bereits ventiliert und die bisher bekannten Systeme durch Abbildungen teilweise erläutert wurden. Die Verhandlungen haben zu einem direkten Antrag bei dem Vorstand der Gesellschaft geführt, „dafs derselbe die Frage der Ackerbewässerung mit möglichster Tatkraft in die Hand nehme“.

Bodenbearbeitung.

Vorläufig ist man indes bei grofsen Landkomplexen doch nur in den seltensten Fällen imstande, ohne bedeutende Kosten Berieselungsanlagen einzurichten, und es werden deshalb billigere, wenn auch weniger durchgreifende Mittel häufiger zur Anwendung gelangen. Solche Hilfsmittel bietet die Bodenbearbeitung. Am empfehlenswertesten dürfte die Bodenlockerung sein. Es fehlt nicht an Praktikern, welche behaupten, dafs das Lockern der Ackerkrume doch unmöglich ein Mittel sein könne, die Feuchtigkeit dem Boden zu erhalten, und dafs

[1]) Die Möglichkeit der Ackerbewässerung in Deutschland. Arbeiten d. Deutsch. Landwirtsch.-Ges., Heft 97, 1904, S. 75.

diese Manipulation vielmehr als der kürzeste Weg angesehen werden müsse, dem Boden noch mehr Wasser zu entziehen. Diese Anschauung ist irrtümlich, wie viele Versuche dartun. Die eingehendsten sind diejenigen von WOLLNY[1]), der genau vergleichsweise vorgegangen ist und zu dem Resultate kommt, daſs, wenn die obersten Bodenschichten gelockert werden, sie allerdings schneller abtrocknen, aber dadurch den Wasservorrat der unteren Bodenschichten mehr schonen.

Die Erwärmung der Ackererde durch Insolation, die Durchlüftung, wenn Winde über die Bodenfläche streichen, und dergl. Einflüsse entziehen den oberen Bodenlagen das Wasser in um so höherem Grade, als dieselben in der Lage sind, den Verlust durch kapillare Zufuhr aus den tieferen Bodenschichten möglichst reichlich wieder zu decken. Wenn nun durch die Lockerung der Krume die Zwischenräume zwischen ihren Bodenteilchen bedeutend vergröſsert werden, so wird die Haarröhrchenanziehung vermindert, und das Wasser steigt in den gröſseren Zwischenräumen des nun bröckeligen Bodens nicht mehr in die Höhe. Je schneller der Boden durch Behacken, Eggen und Schälen zu einer grobbröckeligen Krume gelangt, desto mehr wird ein Austrocknen der tieferen Schichten, in denen die Wurzeln sich befinden, verlangsamt.

Das entgegengesetzte Resultat wird durch das Festdrücken (Walzen) des Ackerlandes erzielt[2]). Da hierbei die meisten nicht kapillaren Hohlräume in kapillare übergeführt werden, so wird die Hebung des Wassers von unten her beschleunigt und die Oberfläche länger feucht gehalten. Unter Umständen ist aber auch das Walzen als Mittel zur Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit zu empfehlen. Dies wird nämlich auf allen sehr lockeren Bodenarten von geringer Wasserkapazität und reichlicher Untergrundsfeuchtigkeit am Platze sein, da mit dem Festwerden die Verdunstung der Oberfläche herabgedrückt und die Zuleitung von unten vermehrt wird. Bei bindigen Böden mit groſser Wasserkapazität wäre natürlich das Walzen geradezu schädlich.

Bodenbedeckung.

Man kann an Stelle der Bodenlockerung auch ein Überdecken der Krume mit einem lockeren Material anwenden. In dieser Beziehung kann selbst von dem Überfahren der Krume mit Sand vorteilhafter Gebrauch gemacht werden. Es werden nicht bloſs die Feuchtigkeits-, sondern gleichzeitig die Wärmeverhältnisse günstig geändert: denn nach WOLLNY's Versuchen[3]) wird durch die Lockerung des Bodens die Temperatur desselben herabgedrückt, weil die Wärmeleitung der gelockerten Schicht wegen gröſserer Mengen eingeschlossener Luft vermindert wird. Ebenso ist der mit einer Sanddecke versehene Boden innerhalb der wärmeren Jahreszeit kälter als der unbedeckte, weil die helle Farbe der Oberfläche die Absorption der Wärmestrahlen vermindert und die zurückgehaltene gröſsere Wassermenge unter dem

---

[1]) WOLLNY, Einfluſs der Bearbeitung und Düngung auf die Wasserverdunstung aus dem Boden. Österr. landw. Wochenbl. 1880, S. 151.

[2]) WOLLNY in Österr. landw. Wochenbl. 1880, S. 214. — NESSLER, Bad. Landw. Correspondenzblatt 1860, S 230. — P. WAGNER, Versuche über das Austrocknen des Bodens bei verschiedenen Dichtigkeitsverhältnissen der Ackerkrume. Bericht der Versuchsstation Darmstadt 1874, S. 87ff. — v. KLENZE, Landw. Jahrb. 1877.

[3]) Einfluſs der Abtrocknung des Bodens auf dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse. Forschungen a. d. Geb. d. Agrikulturphysik, 1880, S. 343.

Sande schwerer erwärmbar ist. Würde der Boden selbst an seiner Oberfläche abtrocknen, so müfste sich seine Temperatur erhöhen, weil die Wärme konsumierende Verdunstung alsdann vermindert würde.

Die Bodenlockerung und Bedeckung mildern also die Temperaturextreme; aber sie sind auch noch in anderer Weise nützlich. Es zeigt sich nämlich nach Wollny (a. a. O. S. 337), dafs von derselben Niederschlagsmenge durch den mit einer Sanddecke versehenen Boden während der wärmeren Jahreszeit bedeutend mehr Wasser durchsickert als durch den unbedeckten. Es kommt dies daher, dafs der mit einer (selbst nur 1 cm dicken) Sandschicht bedeckte Boden wasserreicher bleibt, also schneller gesättigt ist und daher mehr in tiefere Lagen des Untergrundes abfliefsen läfst. Dasselbe Resultat zeigt jede andere Bedeckung mit leblosen Gegenständen, also mit Stalldünger, Stroh, Lohe, selbst mit Steinen. Weniger als der nackte Acker läfst der mit einer vegetierenden Pflanzendecke versehene Boden durch.

Von praktischer Seite liegen auch Angaben vor, welche den Nutzen der Torferde auf Sandböden hervorheben. So benutzte Walz[1]) die obere, 6 bis 8 cm hohe, als Brenntorf nicht verwertbare Schicht eines Torflagers, um ein Ackerfeld aus geringem Sandboden im Februar 2 cm hoch damit zu überdecken. Später erhielten diese getorfte und eine daranstofsende nicht getorfte Fläche reichliche Stalldüngung. Bei der im Sommer eintretenden Hitze und Trockenheit zeigte der im Mai gepflanzte Mais auf dem getorften Felde einen besseren Stand und lieferte einen höheren Ertrag; ebenso zeigten spätere Ernten sich auf dem getorften Stücke ausgiebiger.

Die Wirkung des Torfes, welche in präziseren Ernteergebnissen auch durch Nerlinger[2]) nachgewiesen, beruht auf seiner Fähigkeit, die Dungstoffe aufzusaugen und festzuhalten, die sonst im Sandboden fortgespült würden. Da aber Düngung, wie ich experimentell festgestellt[3]), die Pflanzen befähigt, mit weniger Wasser bessere Ernten zu bringen, so erklärt sich hiermit auch das günstigere Verhalten bei Trockenheit.

Mit Pflanzen bestandener Boden.

Es ist oben schon gesagt worden, dafs der mit lebenden Pflanzen bestandene Boden am wenigsten Wasser durchsickern läfst. Die Sache ist ganz erklärlich, da die Pflanzenwurzeln das Wasser aufsaugen. Vergleichende Untersuchungen[4]) ergaben, dafs der Boden um so mehr an Wasser erschöpft wird, je dichter die Pflanzen stehen, wenn auch die Wassererschöpfung nicht proportional der Dichte des Pflanzenstandes zunimmt.

Nach diesen Resultaten kann man ermessen, welche Differenz im Wassergehalt zwischen einem nackten, gelockerten und einem mit dichtem Rasen bestandenen Boden sich bei heifser, anhaltend trockner Witterung herausbilden mufs. Es ist also in den Baumschulen auf lockerem Boden durchaus nicht gleichgültig, ob oft gehackt oder Rasen

---

[1]) Zeitschrift d. landw. Ver. in Bayern 1882; cit. in Biedermann's Centralbl. 1883, S. 136.

[2]) Fühling's landw. Zeit. 1878, Heft 8.

[3]) Sorauer, Nachtrag zu den Studien über Verdunstung. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik, Bd. VI, Heft 1/2.

[4]) Wollny, Der Einflufs der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin, Parey, 1877, S. 128.

und Unkraut bis zur Bildung einer zusammenhängenden Decke belassen werden. Dafs lediglich durch die Aufsaugung des geringen Wasservorrats durch Unkräuter und die Rasennarbe bei Obstbäumen Notreife und Unfruchtbarkeit erzeugt werden, ist nicht nur theoretische Schlufsfolgerung, sondern mehrfach gemachte Erfahrung.

Bei forstlichen Kulturen zeigen sich, wie bei den Baumsaaten der Gärtner, diejenigen Ländereien am gefährdetsten, auf welchen die Pflanzen den Bestand noch nicht geschlossen haben. Kiesböden ohne genügenden Humusgehalt sind auch für ältere Bestände bis zu 10 bis 15 jährigem Alter gefährlich, namentlich wenn nach keiner Seite hin Schutz durch gröfsere Anpflanzungen zu finden ist. Berasten Boden sieht der Forstmann als Beförderungsmittel der Dürre an, da derselbe die Niederschläge festhält und durch seine starke Verdunstung das aus dem Untergrunde aufsteigende Wasser schnell dem Boden entführt. Bei Waldbäumen beobachtet man bisweilen fast kreisförmige Stellen um die Stammbasis, auf denen kein Nachwuchs sich erhält. Es wird dieser Umstand der Reflexion von Sonnenstrahlen an den glattrindigen, astreinen Stämmen (Buchen, Birken, Tannen) zugeschrieben. Die von solcher Spiegelrinde abprallenden Sonnenstrahlen dörren den Boden in erhöhtem Mafse aus. Unter den Vorbeugungsmafsregeln empfiehlt sich die Anzucht der Pflanzen durch natürliche Besamung, da die an Ort und Stelle entstandenen Pflanzen am besten sich den trocknen Lokalitäten anpassen werden. Da, wo gepflanzt werden mufs, benutze man Material, das schon einmal in der Schule verpflanzt worden ist, und bedecke nachher möglichst sorgfältig den Boden. Aufserdem kommen alle die Einrichtungen in Betracht, die zur Hebung des Wassermangels im allgemeinen empfehlenswert sind, wie bei Saatbeeten ein Schutz durch Mauer, Zaun oder Baumreihen, Bestecken mit Reisern, Anhäufeln der Pflanzen und überhaupt Bodenlockerung, namentlich aber auch Düngung, da die letztere eine Wasserersparnis bedeutet. Das Begiefsen ist nur im alleräufsersten Notfalle anzuraten. Bei dem Bestecken der Beete mit Reisig vom Rande aus ist Nadelholz, und unter diesem das Gezweig unserer Kiefer oder auch der Weymouthskiefer am meisten zu empfehlen: denn Fichtenreisig läfst die Nadeln zu schnell fallen, und diese erwärmen sich sehr bedeutend. Tanne wird leicht zu dicht, und Laubholzzweige haben zu schnell welke und verdorrte Blätter, unter denen der Boden ebenfalls zu wenig seine Feuchtigkeit erhält.

Dafs ferner auch an sich ein Ausbrennen der Saaten und des Rasens bei dichtem Bestande sich einstellen kann, während dieselbe Parzelle bei lockerem Saatstande unversehrt bleibt, ist durch Wollny's Versuche sehr nahe gelegt. Denn derselbe fand, dafs bei Drillsaat dem Boden zwischen den Reihen geringere Mengen von Wasser entzogen werden als dem in der Reihe selbst, und dafs der Boden um so gröfsere Mengen von Wasser enthält, sowohl zwischen als in den Reihen, je weiter die Pflanzen voneinander entfernt sind [1]). Es wird also auch eine richtige Bemessung des Aussaatquantums auf wasserarmen Böden ein Mittel zur Verhütung von Beschädigungen durch Trockenheit sein.

Nur in ganz bestimmten Fällen kann sich der bestandene Boden nützlicher erweisen als der nackte. Bei dem lockeren Anbau schnelllebiger Pflanzen als Überfrucht kann auf Sandböden Wasser für

[1]) Österr. landw. Wochenbl. 1880, S. 233.

spätere Samen zurückgehalten werden. Wenn nämlich die Aussaat der schnelllebigen Gewächse im Herbst oder ersten Frühjahr erfolgt, dann fällt die Zeit des gröfsten Wasserbedarfes dieser Pflanzen in die Herbst- oder Frühjahrsfeuchtigkeit, und wenn die trockne Jahreszeit eintritt, neigen dieselben zum Fruchtansatz und beanspruchen relativ wenig Wasser. Nunmehr erhalten sie den oberflächlichsten Bodenlagen durch ihre Beschattung und Taubildung eine ziemlich gleichmäfsige Feuchtigkeit, in welcher spät gesäte Samen und zarte Pflänzchen sich entwickeln können, während diese auf nacktem Boden vertrocknen würden.

Waldstreu.

Freilich darf nicht vergessen werden, dafs jede Decke die Durchlüftungsfähigkeit des Bodens hemmt, und dafs also dort, wo es zur Erhaltung der Fruchtbarkeit darauf ankäme, die Kohlensäure im Boden zur Zersetzung und Löslichmachung der Gesteinsfragmente benutzen zu müssen, man in der Auswahl der Bodenbedeckung vorsichtig sein mufs. Wie sehr die Bodendecke die Luftzirkulation stört, geht aus Ammon's[1]) Versuchen hervor. Bei 40 mm Wasserdruck gingen durch eine Erdschicht von 19,6 qcm Querschnitt und 0,50 m Höhe innerhalb einer Stunde folgende Luftmengen hindurch:

Bei Grasdecke	Bei Strohdecke	Unbedeckt
1,60	6,30	7,32 Liter

Im besser durchlüfteten Boden wird auch mehr Kohlensäure erzeugt, und diese wird trotz der gröfseren Abgabe an die Luft auch in erhöhtem Mafse im Boden zur Geltung kommen. Die Wirkung der Brache besteht gerade in der zum grofsen Teil durch Mikroorganismen eingeleiteten gröfseren Kohlensäureerzeugung und stärkeren Zersetzung der Gesteinstrümmer.

Ein anderer Nachteil der Bodenbedeckung ist die geringere Verwendbarkeit der meteorischen Niederschläge für den bedeckten Boden. Je nach der Art der Decke wird dieser Nachteil verschieden grofs sein; er wird um so mehr wachsen, je mehr sich die Substanz der Decke wie ein Schwamm vollzusaugen imstande ist. Als Beispiel für diese Verschiedenartigkeit mögen die Angaben von Riegler[2]) dienen, der Waldstreu und Torfmoos (*Sphagnum*) auf ihre Durchlässigkeit geprüft hat. Von den in feinem Strahl auf lufttrockne Spreu täglich aufgebrachten 500 g Wasser wurden aufgesogen und sickerten durch

	Buchenstreu		Tannenstreu		Sphagnumrasen	
	durchgesick.	aufges.	durchges.	aufges.	durchgesick.	aufges.
am 1. Tage	400,3	99,7	441,3	58,7	216,0	284,0 g
am 8. Tage	487,6	12,4	499,6	0,4	493,5	6,5 g

Die Bespritzung entsprach einem Regen von 10 mm Höhe und demnach wurden in der Buchenstreu etwa 20 %, in der Tannenstreu etwa 12 % und im Moosrasen 57 % des aufgefallenen Wassers zurückgehalten. Die Streudecke war überall 8 cm hoch. Aus den übrigen Tabellen ergibt sich, dafs in den nächsten drei bis vier Tagen noch gröfsere Mengen täglich von der Streu aufgesogen wurden, die erst allmählich bis zum neunten Tage so weit mit Feuchtigkeit gesättigt

[1]) Biedermann's Centralbl. 1880, S. 405.

[2]) Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik, 1880, S. 80—96.

war, dafs fast alles nunmehr auffallende Wasser abflofs. Ein nach heifser, anhaltend trockner Witterung sich einstellender Regen von 10 mm Höhe käme dem Boden unter Buchenstreu nur in Höhe von 8 mm, bei der Tannenstreu von 8,8 mm und unter der Moosstreu nur in Höhe von 4,3 mm zur Verfügung. Übrigens ändern sich die Verhältnisse je nach der Kraft, mit der das Wasser auf die Streu aufschlägt. Wenn das Wasser fein verstäubt auf das Moospolster gegeben wurde, sog letzteres 70 % der gegebenen Feuchtigkeit auf, während dieselbe Wassermenge, in Form eines feinen Strahls zugeführt, zum gröfsten Teil durchflofs und nur zu 14 % zurückgehalten wurde.

Die Wälder.

Als Mittel zur Schonung der Bodenfeuchtigkeit im Ackerlande mufs auch die Nähe von gröfseren Baumkomplexen, namentlich Wäldern, angesehen werden. Nach den von MATTHIEU[1]) neun bis elf Jahre lang durchgeführten Beobachtungen ist die Luft im Walde in 1,5 m Höhe durchschnittlich kälter als über dem freien Felde, und zwar ist die Differenz im Sommer am stärksten. Einen ebenso deprimierenden Einflufs, wie der Wald auf die mittlere Lufttemperatur ausübt, besitzt er auch für die Temperaturextreme, die im Walde geringer sind. Wenn auch die Temperaturdifferenzen vielleicht nur 0,5 ° C. betragen, so werden sie immerhin sich geltend machen, wenn eine Regenwolke über die Gegend hinzieht: es mufs über dem Walde der Sättigungspunkt der Luft eher erreicht werden und somit der Regen früher anfangen, also reichlicher sein, als auf dem unbestandenen Lande. Tatsächlich ergaben die Messungen MATTHIEU's und FAUTRAT's[2]) eine gröfsere Regenmenge über dem Walde. Hygrometrische Bestimmungen stellten fest, dafs die Wasserdampfgewichte in 1 cbm Luft durchschnittlich oberhalb eines Fichtenwaldes 8,66 g betrugen, während sie über einem Laubwalde 8,46 g, über unbedecktem Boden in derselben Höhe (104 bis 122 m hoch) bei 100 m horizontaler Entfernung vom Nadelwalde 7,39 g, in demselben Horizontalabstande vom Laubwalde 8,04 g betrugen. So wie in vertikaler Richtung die Waldnähe die Luft feuchter erhält, so dürfte auch in horizontaler Entfernung ein derartiger Einflufs existieren.

Die Brache.

Weniger zur Erhaltung oder Erhöhung des Wasservorrates im Boden, als vielmehr zur Ansammlung des übrigen Nährstoffmaterials ist die „Brache“ in Betracht zu ziehen. Nach WOLLNY's[3]) Angaben lassen sich die Eigentümlichkeiten der Brache dahin zusammenfassen, dafs der brachliegende Boden im Sommer wärmer, im Winter kälter, die Temperaturschwankungen überhaupt im Brachlande gröfser als in dem mit Pflanzen bestandenen Boden sind. Während der Vegetationszeit ist der mit einer Pflanzendecke überzogene Boden stets von geringerem Wassergehalt als im nackten Zustande. Dieser gröfsere Feuchtigkeitsgehalt erhält sich im kahlen Boden auch bei öfterer Be-

---

[1]) MATTHIEU, Météorologie comparée agricole et forestière. Paris 1878; cit. in Forschungen auf d. Geb. d. Agrikulturphysik, 1879, S. 422—429.

[2]) FAUTRAT, Über den Einflufs der Wälder auf den sie berührenden Regenfall und die Anziehung der Wasserdämpfe durch die Fichten. Aus Compt. rend. 1879, Bd. 89, Nr. 24; cit. Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1880, S. 241.

[3]) WOLLNY, Die Wirkung der Brache. Allgem. Hopfenzeitung 1879, Nr. 55/56.

arbeitung noch. Letzterer profitiert auch von den atmosphärischen Niederschlägen mehr, indem während der Vegetationszeit durch den brachliegenden Boden bedeutend gröfsere Wassermengen absickern als aus dem mit einer vegetierenden Pflanzendecke versehenen Felde. Der für das Nährstoffkapital des Bodens am meisten in Betracht kommende Punkt ist aber der Kohlensäuregehalt des Brachlandes, dessen Luft nach Wollny's Untersuchungen ungefähr viermal soviel Kohlensäure, als die des Graslandes enthält. Also das Lösungsmittel für die mineralischen Bodenbestandteile ist um so vieles reichlicher vorhanden, woraus sich teilweise schon die gröfsere Ansammlung von Pflanzennährstoffen im Brachboden erklärt; teilweise hängt die gröfsere Bereicherung auch von der schnelleren Zersetzung der organischen Substanzen durch die stärkeren Temperaturschwankungen, die gröfsere Feuchtigkeit und die regere Tätigkeit der Mikroorganismen ab. Es ist jedoch schliefslich darauf hinzuweisen, dafs Böden mit geringer wasserfassender Kraft und in grofser Mächtigkeit (Sandböden) bei ihrer grofsen Durchlässigkeit einen bedeutenden Teil der Pflanzennährstoffe in den Untergrund nutzlos abwaschen lassen können. Solche Böden müssen also gerade umgekehrt unter Pflanzendecke gehalten werden.

Welches von diesen Mitteln gegen den Wassermangel zur Anwendung gelangen kann, müssen die lokalen Verhältnisse lehren. Jedenfalls ist ersichtlich, dafs wir der Trockenheit nicht machtlos gegenüber stehen.

b) Lehmboden.

Allgemeine Charakteristik.

Für die Betrachtungen der schädlichen physikalischen Einflüsse auf die Pflanzenwelt haben wir nicht nötig, Lehm- und Tonböden voneinander zu unterscheiden. Wir haben es stets mit Mischungen von Ton und Sand zu tun, und nur das Mischungsverhältnis dieser beiden Bestandteile ist verschieden. Vom sandigen oder „milden" Lehm an schwächt sich der Sandgehalt immer mehr ab bis zum „strengen" Lehm und zu den im feuchten Zustande plastischen Tonböden, bei denen die feinen abschlämmbaren Teile überwiegen. Bei unseren Kulturländereien werden die Beimengungen von Kalk und Humus noch modifizierend ins Gewicht fallen. Kalk wird die schweren Böden durch Erhöhung der Krümelbildung lockerer machen.

Die Fruchtbarkeit ist von der Krümelung direkt abhängig, und plastische Tone sind unfruchtbar. Die nicht gekrümelten Tonböden sind für Wasser undurchlässig und geben daher in ebenen Lagen leicht Gelegenheit zur Versumpfung. Je geringer die Korngröfse des Bodens, desto gröfser wird die Aufnahmefähigkeit für Wasser, so dafs bei schnellfolgenden starken Differenzen der Wasserzufuhr ganz bedeutende Volumenveränderungen vorkommen. Darauf beruht das starke Aufreifsen der Tonböden bei dem Austrocknen. Lösliche Salze werden nur schwer ausgewaschen werden können.

Das Austrocknen ist um so gefährlicher, je mehr eine Bodenart sich dem reinen Tonboden nähert, der, einmal trocken geworden, nur sehr langsam wieder Wasser aufnimmt, da sich dasselbe nur schwer zwischen die dicht gelagerten Bodenpartikelchen eindrängen kann. Diese Eigenschaften schwächen sich in dem Mafse ab, als die Sandbeimengungen sich steigern. Bei den strengen Böden wird die Aus-

trocknung im Sommer bisweilen gefährlicher als bei den Sandböden, namentlich wenn eine starke Baumvegetation in Gegenden sich entwickelt hat, die überhaupt arm an Niederschlägen sind. Die Sommerregen genügen dann nicht, den Wasserverlust zu decken. Diese Böden sind somit auf die Winterfeuchtigkeit angewiesen und können in Jahren, in denen dieselbe gering gewesen und auch die Schneedecke gefehlt hat, bei trockenen Frühlingen den Pflanzenwuchs mehr schädigen als die Sandböden. Daraus erklärt sich, dafs nach heifsen, trockenen Sommern und niederschlagsarmen Wintern bei alten Bäumen Gipfeldürre, d. h. Zweigtrocknis, aus Wassermangel sich einstellen kann, selbst wenn das Frühjahr regenreich ist. Sandböden können bei mäfsigen Frühjahrsregen sich schneller sättigen und ihr Wasser den Wurzeln zur Verfügung stellen.

Die schweren Böden werden „kalt“ genannt. Dies erklärt sich aus dem hohen Wassergehalt, der mit der Feinkörnigkeit der Struktur wächst. In manchen Gegenden sterben ausländische Coniferen (*Abies Pinsapo*, *Biota orientalis aurea*, *Taxus hibernica*, *Picea orientalis*) schnell ab. Man schreibt dies dem Winterfrost zu, findet aber bei eingehenderer Beobachtung, dafs nur bei grofser Nässe des Bodens die niederen Temperaturen gefährlich werden[1]).

Die meisten Störungen werden aber, wie wir im folgenden sehen können, durch die geringe Durchlüftbarkeit verursacht, die bei der Zersetzung organischer Massen zu Fäulniserscheinungen führt. Daher kommen bei Beurteilung der Lehmböden auf ihre Fruchtbarkeit nicht nur der Grad der Krümelung, sondern auch die Tiefe, bis zu welcher sich dieselbe erstreckt, ausschlaggebend zur Geltung. Da die festen Lehmschichten des Untergrundes sehr schwer durchlüftbar sind, so erfolgt die Ausbreitung des Wurzelapparates vorwiegend nur in den gekrümelten Schichten. Auf die Erhaltung der Krümelung ist daher besonderer Wert zu legen, und dies ist namentlich auch bei Wäldern zu berücksichtigen, die einem fortwährenden Streurechen unterworfen sind. Nach RAMANNS[2]) Untersuchungen ist dann die durch Streuentnahme hervorgerufene Bodenverdichtung so stark, dafs ein bedenklicher Rückgang des Waldbestandes unausbleiblich ist.

Die Vorgänge der Bodenverdichtung und die Notwendigkeit der Bodenlockerung sind auch bei unseren Tropenkulturen sehr in Betracht zu ziehen, wie VOSSELER[3]) zeigt. Er bespricht die von KOERTS als „Älterer Rotlehm“ bezeichneten Böden und speziell die Urwaldböden Ostusambaras folgendermafsen: „Der rote Boden besteht der Hauptsache nach aus feinem Lehm bezw. Ton, der wohl durchlässig, aber zu fein porös zur Aufnahme feiner Humuspartikelchen ist, der zudem chemisch gelöste Stoffe vielleicht nur an der Oberfläche zu binden vermag und ihr Eindringen in die Tiefe verhindert. Da er selbst schon das Endprodukt einer Zersetzung ist, fehlt ihm der Vorteil während eines solchen Prozesses etwa auftretender Auflockerungsvorgänge.“ Auch hier ergibt sich also als erste Vorbedingung erfolgreicher Kultur die Bodenlockerung.

[1]) CORDES, W., Beitrag zum Verhalten der Coniferen gegen Witterungseinflüsse. Hamburg 1897.

[2]) RAMANN, E., Untersuchung streuberechter Böden. Sond. Z. f. Forst- u. Jagdwesen, XXX. Jahrg.; cit. Bot. Jahresb. 1900, II, S. 415.

[3]) VOSSELER, Über einige Eigentümlichkeiten der Urwaldböden Ostusambaras. Mitteil. a. d. Biol. Landwirtsch. Institut Amani, 1904, Nr. 33.

Je toniger ein Boden ist, desto langsamer werden sich infolge seiner niederen Temperatur die Pflanzenreste zersetzen. Während in hinreichend gekrümelten Bodenarten normale Verwesung stattfindet, sammeln sich auf dichten Tonböden Massen von Rohhumus, also Pflanzenresten, an, die, wenig zersetzbar, auf dem Boden aufgelagert bleiben, weil die Bedingungen für die Verwesung ungünstig sind. Wenn sehr feinkörnige Bodenarten mit grofser Wasserkapazität, also der Fähigkeit, grofse Mengen von Wasser zurückzuhalten, ohne es tropfenweis wieder abzugeben, so viel Wasser bekommen, dafs das sich zwischendrängende Wasser den Zusammenhalt der Substanzpartikelchen untereinander überwindet und dieselben auseinandertreibt, dann erweicht der Boden. Den strengen Ton- und Lettenböden ist dieser Zustand besonders eigentümlich; seltener kommt ein derartiges „Zergehen" bei Lehmboden vor.

Solches Erweichen des Bodens ist in doppelter Beziehung gefährlich, wenn es im Herbst oder Frühjahr sich einstellt. Einerseits fliefst der Boden gleichsam ab und die Saaten sind bald dem Vertrocknen oder, bei Wintersaaten, auch dem Ausfrieren mehr ausgesetzt. Anderseits verlangsamt dieser Zustand die Bearbeitung und Bestellung der Felder und wird Ursache geringer Ernten. Es ist nämlich wohl zu berücksichtigen, dafs bei unseren sämtlichen Kulturgewächsen die usuelle Bestellzeit durch die Beobachtung des Verhaltens der Pflanzen in unserm Klima sich herausgebildet hat. Man kann jederzeit die Erfahrung machen, dafs eine Verlegung der Kulturzeiten Änderungen im Charakter der Pflanzen hervorruft (Überführung von Winter- in Sommergetreide). Solche Verlegung der Saatzeit wirkt oft schädlich. Erinnert sei hier beispielsweise an die Erbsen. Dasselbe Saatgut, das bei Aussaat im zeitigen Frühjahr eine schöne Ernte von gesunden Pflanzen liefert, bringt bei Aussaat im Sommer sehr häufig kurze, durch den Meltau arg geschädigte Pflanzen mit kleinen Hülsen hervor. Kohlrabi, zu spät im Frühjahr gepflanzt, werden leicht holzig usw.

Ähnliche Erscheinungen sind bei feinsandigen Heideböden (Flottlehm) zu beobachten. GRAEBNER[1]) charakterisiert diese Bodenform als eine aus fast mehlfeinen Sandkörnern mit nur geringen Tonbeimengungen bestehende. Die ganze Masse sieht im feuchten Zustande lehmartig aus; im trockenen Zustande aber unterscheidet sie sich vom richtigen Lehm durch ihre Porosität. Dabei kann infolge der äufserst feinen Kornstruktur Flottlehm so hart wie Stein werden. Bei Kulturen, die dauernd unter dem Pfluge stehen und durch tierischen Dung locker erhalten werden, ist solcher Boden oft vorteilhaft, aber bei den Forstkulturen äufserst schädlich. Denn nach der üblichen einmaligen Lockerung setzt sich durch den Regen der feine Sand alsbald wieder fest zusammen und läfst den Luftsauerstoff zu wenig zu den Baumwurzeln gelangen.

Das Verschlämmen des Bodens.

Bei heftigen Regengüssen und Überschwemmungen werden Bodenarten mit grofsem Gehalt an sehr fein zerkleinerten Teilchen zusammengeschwemmt und bei dem Abdunsten des Wassers in Form einer dichten abschliefsenden Kruste zurückgelassen. Mit der Feinheit seiner Zerkleinerung wächst die wasserfassende Kraft eines Bodenbestandteils

---

[1]) GRÄBNER, Handbuch der Heidekultur, 1904, S. 200.

ungemein, wie bereits erwähnt worden ist. Die Oberfläche wird durch die zunehmende Zerkleinerung immer mehr vergröfsert, und die wasserhaltende Kraft beruht auf Oberflächenanziehung. Durch Zerkleinerung einer aus groben Quarzstücken von 1 bis 27 mm Gröfse bestehenden Bodenmasse, die eine absolute Wasserkapazität von 7 % besafs, liefs sich die kapillare Aufsaugungskraft für Wasser derart vermehren, dafs ein aus dem Quarz hergestellter feiner Sand mit einer Korngröfse von 0,3 mm mehr als sechsmal so viel Wasser zurückhielt. Man sieht, dafs unter Umständen die Art des Minerals ganz gleichgültig sein kann und nur die mechanische Beschaffenheit ins Gewicht fällt, dafs also auch einmal Quarzstaub die Rolle des Tones übernehmen kann. Natürlich besitzt der staubfeine Sand immerhin keine Kohärenz, kann also niemals für sich allein die Rolle eines Bindemittels übernehmen, wie solche der Ton hat. Hauptsächlich sind es aber die Tonböden, welche an Verschlämmen leiden und durch Bildung luftabschliefsender Schichten Samen und Pflanzenwurzeln zur Fäulnis bringen. Bisweilen bilden sich die Pflanzenwurzeln Hilfsorgane, um in Sumpfböden die nötige Durchlüftung zu finden. Erinnert sei in dieser Beziehung an die der Bodenoberfläche zustrebenden, knieförmigen Auswüchse der Wurzeln von *Taxodium distichum* und von *Pinus serotina*, die auf trockenen Böden nicht gebildet werden und von Wilson[1]) direkt als Atmungsorgane angesprochen werden.

Ein Beispiel für die Schädigung der Vegetation durch direkte Schlammablagerung liefert Robinet[2]) aus Toulouse, wo die Baumschulen nur zwei Tage hindurch unter Wasser gestanden hatten. Diejenigen Pflanzen, an deren Basis sich nicht viel Schlamm abgelagert, blieben gesund; dagegen litten solche Individuen beträchtlich, bei denen die Stammbasis etwa 10 bis 12 cm hoch mit Schlamm umgeben war. Mandeln, Akazien, Kirschen (auch die Weichselkirschen), Ebereschen, *Ligustrum*, *Mahonia*, *Evonymus* und die meisten Coniferen gingen gänzlich zugrunde. Von *Crataegus*, *Pirus communis* (wobei die auf Quitte veredelten weniger litten), *Pirus Malus*, *Castanea*, *Mespilus*, *Catalpa* u. a., welche 8 bis 10 Tage unter Wasser gestanden hatten, schwärzten sich nur diejenigen Exemplare an der Basis und starben ab, bei denen der Schlamm nicht entfernt worden war. *Platanus*, *Alnus*, *Ulmus* hatten nicht gelitten, und *Populus* sowie *Salix* (Trauerweiden) entwickelten sogar aus der Stammbasis reichliche Wurzeln in den Schlamm hinein. Von *Sophora*, *Fraxinus*, *Carpinus*, *Fagus* und *Betula* starben nicht alle Exemplare, so wenig wie von *Robinia*; die Überlebenden erhielten aber gelbes Laub. Linden und Kastanien verloren sogar gänzlich ihre Blätter. Immergrüne Pflanzen, auch ein Teil der Coniferen, verloren ihre Blätter, soweit sie vom Wasser bedeckt gewesen waren.

Doppelt ins Gewicht fallend ist diese Änderung der physikalischen Bodenbeschaffenheit in Gegenden, die öfteren Überschwemmungen ausgesetzt sind, und unter diesen leiden solche, die von Seewasser überschwemmt werden, am meisten. Abgesehen von dem Schaden, den die Vegetation durch den hohen Seesalzgehalt der Ackerkrume erleidet, zeigt sich nach A. Mayer[3]) als Folgeerscheinung des erst im zweiten

---

[1]) Wilson, W. P., The production of aerating organs on the roots of swamp and other plants; cit. Bot. Jahresber. 1889, I, S. 682.

[2]) Revue horticole; cit. Wiener Obst- u. Gartenzeitung 1876, S. 37.

[3]) A. Mayer, Über die Einwirkung von Salzlösungen auf die Absetzungsverhältnisse toniger Erden. (Forsch. auf dem Gebiete d. Agrik.-Physik. 1879. S. 251.)

Jahre bisweilen bemerkbaren Dichtschlemmens die Bildung einer schwarzen, stark mit Schwefeleisen imprägnierten Schicht, die als weiterer Schädiger der Vegetation anzusehen ist.

Auch v. GOHREN[1]) hebt die Bildung derartiger eisenschüssiger, in Westfriesland „Knick" genannter Schichten in humusreichen, lehmigen und tonigen Schlickablagerungen der Meeres- und Flufsmarschen hervor und erklärt deren Entstehung damit, dafs das Eisenoxyd des Lehmes bei Abschlufs der Luft durch die organische Substanz zu Eisenoxydul reduziert wird, das sich mit der Quellsäure zu quellsaurem Eisenoxydul verbindet. Das sich nach allen Richtungen hin verbreitende quellsaure Eisenoxydul oxydiert sich allmählich wieder, verkittet als Eisenoxydhydrat alle Bodenteile fest und wirkt mit bei der Bildung des verrufenen Ortsteins. Wir kommen auf die Ortsteinbildung bei Besprechung der Eigenheiten des Moorbodens zurück und wenden uns jetzt zunächst zu den Verschlämmungserscheinungen unter dem Einflufs von Salzlösungen, wie sie bei Anwendung von Düngesalzen sich einstellen.

Nach den MAYER'schen Versuchen zeigt sich, dafs in Wasser suspendierte Tonteilchen sich in verschiedener Weise niederschlagen, je nachdem sie in reinem Wasser oder solchem, welches Kochsalz und andere Beimengungen enthält, sich schwebend befinden. In reinem Wasser fallen die Teilchen nach ihrer Gröfse (genauer nach dem Verhältnis ihrer Oberflächen zu ihren Massen) nieder. Die feinsten Teilchen bleiben ungemein lange im Wasser schwebend, da sie mit einer beinahe der chemischen Auflösung zu vergleichenden Anziehungskraft von dem Wasser festgehalten werden. Dieser Anziehungskraft gegenüber ist die Schwerkraft dieser Teilchen belanglos. Setzt sich der Ton aus einer Salzlösung nieder, so kann man, wenn man solchen Ton versuchsweise in einem Glaszylinder aufgeschlämmt hat, beobachten, dafs sich von oben herab eine aus dichteren, feineren Tonteilchen gebildete Grenzschicht in dem Zylinder kenntlich macht, oberhalb welcher eine verhältnismäfsig sehr klare Flüssigkeit steht. Durch die Anwesenheit des Kochsalzes werden die feinen Tonteilchen mehr als Ganzes niedergeschlagen (koaguliert nach SCHLÖSING). Es entsteht „Flockung". Die etwas gröberen Teile unter ihnen scheinen im Sinken verzögert zu werden; die feineren werden etwas beschleunigt. Man hat angenommen, dafs durch die Anwesenheit des Salzes wahrscheinlich die Anziehung zwischen Ton und Wasser vermindert wird, da dieses den Ton vollständiger sinken läfst. Dagegen mufs die Anziehung von Ton zu Ton vermehrt, derselbe also verdichtet werden. DURHAM[3]) erklärt den Vorgang auch derart, dafs die Anziehungskraft des Wassers, die sonst gänzlich zur Suspension des Tones in Anspruch genommen ist, durch das Salz der Lösung bis auf den letzten Rest gesättigt wird. Nach DURHAM verhalten sich Schwefelsäure, nach MAYER die Mineralsäuren überhaupt, wie Kochsalzlösung; ebenso ist es mit deren Salzen selbst bei einem Überschufs von fixem Alkali oder Ammoniak.

Nach den jetzt herrschenden Anschauungen wirken alle Elektrolyte, also alle Körper, welche in wässeriger Lösung zum Teil in „Ionen" gespalten werden, flockend. Nichtelektrolyte sind wirkungs-

---

[1]) VON GOHREN: Boden und Atmosphäre. Leipzig 1877, S. 56.
[2]) Biedermann's Centralbl. 1883, Nov., S. 786.
[3]) Chem. News.; cit. „Naturforscher" 1878, S. 112.

los. Der elektrische Strom fällt die Flocken ebenfalls aus; es ist daher anzunehmen, daſs die im Wasser verteilten Partikel elektrisch geladen sind und man in der Ladung die Ursache der Schwingungen zu suchen hat[1]).

Das wesentlichste Moment, das für alle tonigen Kulturböden beachtenswert ist, liegt in dem Nachweis, daſs die salpetersauren Salze sich betreffs der Aufschlämmbarkeit des Tones den salzsauren nähern und wegen ihrer leichten Auswaschbarkeit den Boden rasch zum Dichterwerden bringen. Dadurch erklärt sich das mechanische Verderben tonreicher Bodenarten durch wiederholte einseitige Salpeterdüngung. Nachdem anfangs sich schöne Ernten ergeben, erfolgt später ein Rückgang. Dieselbe Schattenseite hat selbstverständlich die für einzelne Pflanzen zur Verwendung gebrachte Kochsalzdüngung.

Auf wesentliche Nachteile überreicher Gaben von Dungsalzen macht Behrens[2]) aufmerksam. Es kommt nämlich deren osmotische Wirkung in Betracht. Durch diese osmotische Wirkung löslicher Salze im Boden wird die Deckung des Wasserbedarfs der Pflanze erschwert, und die Pflanze antwortet darauf durch eine zweckentsprechende Modifikation ihrer Organe. Dem physiologischen Wassermangel entsprechend, drückt die Pflanze ihre Verdunstung herab durch den Bau fleischigerer Blätter mit kleineren Intercellularräumen, wie bei den Pflanzen der Salzquellen und des Meeresstrandes.

Von unseren Kulturpflanzen leidet am meisten der Tabak, der sich dann gerade so verhält wie in heiſsen, trockenen Sommern. Er bildet fleischigere Blätter, deren Brennbarkeit herabgesetzt wird. In Bestätigung dieser in Europa gemachten Beobachtungen erwähnt Hunger[3]) von den Kulturen des Deli-Tabaks auf Sumatra, daſs das am meisten geschätzte und durch Auslese immer hochgradiger gezüchtete, groſse dünne, ölarme Blatt nur bei Wasserreichtum wie bei anhaltendem Regenwetter sich entwickelt, während bei trockner Witterung sich kleine dicke, mit viel Drüsenhaaren versehene, minderwertige Blätter ausbilden.

Die Verbesserung der sich verdichtenden Böden.

Die Verbesserung der leicht schlieſsenden Tonböden wird in der Erhöhung ihrer Bearbeitungsfähigkeit bestehen müssen. Die schweren Böden sind ungefüge, d. h. sie setzen den Ackerwerkzeugen durch ihr Anhaften im feuchten Zustande, durch ihre Härte im trockenen Zustande groſse Schwierigkeiten entgegen. Es entstehen groſse Schollen, die, wenn der Ton- oder Lettenboden sehr arm an Humus ist, auch nicht leicht zerfallen. Bekanntlich ist die vorteilhafteste Bearbeitung für die Frühjahrsbestellung das Umbrechen im Herbst und Liegenlassen in rauher Furche; die während des Winters erfolgende Lockerung durch das Gefrieren des Wassers in den Bodenzwischenräumen macht aus den zähen Schollen eine mürbe, krümelige Masse.

---

[1]) Ramann, E., Bodenkunde II. Aufl., Berlin, J. Springer, 1905, S. 225.

[2]) J. Behrens, Über Düngungsversuche. Jahresb. d. Vertreter d. angewandten Botanik, II. Jahrg. Berlin, Gebr. Bornträger, 1905, S. 28.

[3]) Hunger, F. W. T., Untersuchungen und Betrachtungen über die Mosaikkrankheit der Tabakpflanze. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 1905, Heft V.

Diese Vorteile aber sind nur für die Frühjahrsbestellung vorhanden und verschwinden nach starken Regengüssen im Laufe des Sommers. Man mufs also gegen die Zähigkeit durch Zufuhr von Humus oder Moorerde sorgen. Das Düngen mit langem, strohigem Mist ist hier aufserordentlich angebracht. Ganz besonders wirksam aber zeigt sich das Kalken und Mergeln des Bodens. Durch die Zufuhr von Kalk, der im Boden als doppelt kohlensaurer z. T. in Lösung ist, wird das Verschlämmen verhindert, wie die praktische Erfahrung lehrt.

Es mufs von allen Salzen, auch von den am besten wirksamen Kalk- und Magnesiasalzen eine bestimmte Menge in der Flüssigkeit enthalten sein (der Schwellenwert der Wirkungen mufs überschritten werden), wenn ein Absetzen der Tonteile eintreten soll. Auch in den Flüssen macht sich die flockende Wirkung gelöster Salze geltend, indem sich z. B. Sinkstoffe in Flüssen aus Kalkgebieten schneller absetzen als aus kalkarmen Gegenden[1]). Für die Landwirtschaft direkt wird die Krümelung dadurch wichtig, dafs auf ihr die Gare des Ackers beruht. Die Krümel des Bodens verhalten sich ähnlich wie die Tonflocken. Die Wirkung des Kalkes zeigte Hilgard dadurch, dafs er festen Tonboden mit 1 % Ätzkalk knetete. Während der ursprüngliche Tonboden nach dem Trocknen steinhart wurde, erwies sich der mit Kalk versetzte bröckelig und mürbe. Da neben der andauernden mechanischen Bodenbearbeitung die Salze die Lockerheit des Ackerbodens bedingen, so wird dies auch bei Waldboden in gleichem Mafse der Fall sein. Wenn die die Krümelstruktur bedingenden löslichen Salze vermindert werden, wie durch übermäfsige Streunutzung, Bedeckung mit Rohhumus, Auswaschen aus den oberen Schichten u. dgl., mufs eine Bodenverdichtung eintreten.

Bei der Rübenkultur ist vielfach die Zufuhr von Scheideschlamm aus den Zuckerfabriken in Gebrauch. Der mechanische Einflufs macht sich hier nicht selten dadurch geltend, dafs infolge gesteigerter Erhitzbarkeit und Wasserarmut diese Böden nachher Herz- und Trockenfäule hervorrufen.

Von grofsem Interesse erscheinen die in einer Arbeit von Hilgard[2]) niedergelegten Angaben über die „Alkaliböden“ Kaliforniens. Die oft mitten zwischen vorzüglichem Kulturlande eingesprengten Alkalistellen enthalten so viel Salze, dafs dieselben sich durch Efflorescenz auf der Oberfläche bemerkbar machen. Diejenigen, welche alkalische Karbonate (und teilweise auch Borate) enthalten, zeichnen sich durch die Schwierigkeit oder fast Unmöglichkeit aus, zur Herstellung einer eigentlichen Ackerkrume gebracht zu werden. Nach jedem Regen steht auf diesen, durch ihre niedrigere Lage kenntlichen Stellen von aufgelöstem Humus gefärbtes, kaffeebraunes Tonwasser zuweilen wochenlang. Dieselbe Bearbeitung, welche den danebenliegenden guten Boden zu einer aschenartig lockeren Beschaffenheit bringt, macht das Alkaliland zu einem Haufwerk abgerundeter Schollen von der Gröfse einer Erbse bis zu einer Billardkugel.

Die von dem Alkaliboden ausgelaugte, schwarzbraune Lösung gab nach dem Abdampfen, Glühen und Sättigen mit Kohlensäure 0.251 %

---

[1]) Ramann a. a. O. S. 226.

[2]) Hilgard, Über die Flockung kleiner Teilchen und die physikalischen und technischen Beziehungen dieser Erscheinung. American Journal of sciences and arts XVII March 1879. Forsch. auf d Gebiete d. Agrikulturphysik, 1879, S. 441.

unverbrennlichen Rückstand; hiervon waren 0,158 % wieder in Wasser löslich, und dieser lösliche Teil bestand aus Natriumkarbonat 52,74 %, Natriumchlorid 33,08 %, Natriumsulphat 13,26 %, Natriumtriphosphat 1,83 %.

Die 0,093 % unlöslichen Rückstandes des geglühten Wasserextraktes enthielten Calciumkarbonat 14,02 %, Calciumtriphosphat 5,37 %, Magnesiumtriphosphat 5,77 %, Kieselerde in Na^2CO^3 löslich 24,37 %, Eisenoxyd, Tonerde und etwas Ton 50,47 %.

In diesem Falle sowie auch bei vielen anderen alkalischen Bodenarten Kaliforniens bringt die Zutat einer hinlänglichen Menge Gips eine auffällige Wirkung hervor. Die kaustische Wirkung des Alkalikarbonates auf Samen und Pflanzen wird sofort aufgehoben, so dafs dort, wo vorher nur „Alkaligras" (*Brizopyrum*) und Chenopodiaceen wuchsen, bald Mais und Weizen ohne Schwierigkeit fortkommen. Zur mechanischen Änderung der Bodenkrume, zur gröfseren Lockerung derselben bedarf der Gips natürlich längerer Zeit.

Die Überflutungen.

Gegenüber der vielfach verbreiteten Ängstlichkeit bei Einbruch von Wassermassen in Kulturländereien dürfte hervorzuheben sein, dafs, abgesehen natürlich von Auswaschung von Nährstoffen und den mechanischen Schädigungen durch den Wellendruck, die Vegetation nicht übermäfsig empfindlich gegen eine längere Bedeckung des Bodens mit Wasser ist. Namentlich die Holzpflanzen besitzen, wie Überschwemmungen zeigen, eine grofse Widerstandsfähigkeit, die um so länger anhält, je länger die Wassermassen in Bewegung bleiben.

Die Nachteile stellen sich erst hochgradig ein, wenn es sich um stagnierendes Wasser handelt, das lange Zeit über der Bodenoberfläche verbleibt. Für kürzere Zeit gehört die Überflutung in der Form der Überstauung zu den nützlichen Kulturmafsregeln. Allerdings wird sie immer gefährlicher als jene Bewässerungsmethoden sein, bei welchen der Boden der Luft stets zugänglich bleibt (Berieselung). Der in dem Rieselwasser enthaltene Sauerstoff ruft Oxydationen in den Wiesenböden hervor, da das unterirdisch abfliefsende Drainwasser eine geringere Menge Sauerstoff und gleichzeitig eine gesteigerte Menge Kohlensäure und Schwefelsäure im Vergleich zu dem aufrieselnden Wasser aufweist [1]). Solange sich genügend Sauerstoff vorfindet, vollziehen sich die langsamen Verbrennungserscheinungen der organischen Substanz, die wir als Verwesung bezeichnen, hauptsächlich durch die Arbeit der Mikroorganismen zu Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salpetersäure. Tritt dagegen durch andauernde Überstauung Sauerstoffmangel ein, so beginnt jener Zersetzungsvorgang teils rein chemischer Natur, teils unter Mitwirkung von Bakterien, den wir als Fäulnis bezeichnen, und dessen Endprodukte in Verbindungen bestehen, die noch oxydierbar sind.

Finden die Wasseransammlungen in Lagen statt, in denen gänzlich undurchlässige Bodenschichten den vertikalen Wasserabflufs verhindern und auch der horizontale Abflufs erschwert ist, tritt Versumpfung ein.

---

[1]) Wollny, E., Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen. Heidelberg 1897, Carl Winter, S. 351.

Mit der Bodenvernässung beginnen diejenigen Symptome sich zu zeigen, die bei Wurzelfäulnis allmählich einzutreten pflegen. Bei Laubbäumen, namentlich den Obstbäumen und dem Weinstock, macht sich vorzeitige Gelblaubigkeit bemerkbar, die an den Zweigen von unten nach oben fortschreitet. Dieser fortschreitende Gang des Auslebens und Abfalls der Blätter von der Zweigbasis nach der Spitze hin spricht dafür, dafs die fortwachsenden Zweige zur Ausbildung ihrer jungen Blätter die älteren entleeren, wie dies auch beim allmählichen Vertrocknen der Fall ist. Dadurch unterscheidet sich diese Blattvergilbung von der Bleichlaubigkeit infolge von Frostwirkungen, bei denen der jugendliche Blattapparat gestört und in seiner normalen Chlorophyllarbeit behindert wird.

Die Versumpfung.

Am verhängnisvollsten wird das Stagnieren der Nässe im Forstbetriebe, wo die Frostempfindlichkeit der Bäume nach R. Hartig's [1]) Beobachtungen gesteigert wird und das Ausfrieren und Aufziehen in den Saatbeeten stattfindet. In den jungen Kiefernbeständen Norddeutschlands beobachtete Hartig [2]) die Wurzelfäule in verheerendem Grade. Sie beginnt zwischen dem zwanzigsten und dreifsigsten Jahre, indem nach kurzer Zeit kümmerlichen Wachstums die noch völlig grün benadelten Bäume umfallen, sobald Schneedruck oder Wind auf sie einwirken. Es erweist sich dann die Pfahlwurzel (s. Stelzenwuchs S. 92) bis an die Stammbasis hinauf nafsfaul, während die meisten flachstreichenden Wurzeln gesund erscheinen. In Fichtenbeständen ist solche Wurzelfäulnis wohl auch zu finden, macht sich aber weniger bemerkbar, weil das oberflächlich verlaufende Wurzelsystem den Baum unabhängiger von den wenigen in die Tiefe hinabsteigenden Wurzeln macht.

Besonders in der Mark Brandenburg läfst sich beobachten, wie die Gesundheit der Kiefern dann aufhört, wenn die ihr am meisten zusagenden Sandflächen von Bodenmulden unterbrochen werden, in denen Wasseransammlungen sich zu Moortümpeln ausbilden. Bis an den Rand der moorigen Stellen sind die Bäume geradschäftig und verhältnismäfsig langnadelig; in dem Augenblick, wo das schwarze Moor beginnt, wird der Wuchs krüppelhaft, werden die Nadeln kurz, und der Baum zeigt ganz schmale, nicht selten auskeilende Jahresringe.

Gerade in der von den Behörden wohl gewünschten, weil rentabelsten, Ausdehnung der Kiefernanpflanzung auf nasse Bodenlagen ist es nicht zu verwundern, dafs die Erscheinungen der Wurzelfäule bei diesem Nadelholz in so grofser Ausdehnung zu finden sind. Es empfiehlt sich durchaus, die Kiefernkultur auf die sandigen, freien Lagen zu beschränken und bei schweren, nassen Böden solche Holzarten zu wählen, welche erfahrungsgemäfs die Nässe am besten vertragen. An Orten, wo ein bestimmtes Wirtschaftssystem die Bestände nicht regelt, finden sich im Laufe der Jahre durch die gröfsere Widerstandsfähigkeit im Kampfe ums Dasein von selbst die entsprechenden Holzarten ein. Es ist ungefähr dasselbe wie das allmähliche Platzgreifen

[1]) Hartig, R., Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten, III. Aufl., Berlin, Springer 1900, S. 263.

[2]) Die Wurzelfäule, Zersetzungserscheinungen des Holzes. Berlin, Jul. Springer, 1878. S. 75.

frostharter Holzarten (Hainbuche, Birke, Zitterpappel) in *Frostlöchern*. Am besten verträgt die Roterle die *stagnierende Nässe*; aufserdem sieht man Schwarz- und Silberpappel sowie die meisten Weiden und die Ruchbirke auf nassem Boden gedeihen. Manchmal findet man auch Eschen; dieselben haben aber dann ganz moosbesetzte Stämme und krebsartige Geschwürstellen.

Um den Schäden der Versumpfung zu begegnen, wird man deren Ursache genau feststellen müssen. Bisweilen ist es nur Mangel an Luftzug, und dann kann eine teilweise Befreiung des Landes vom Baumwuchs durch Entfernung von Unterholz und unteren Ästen der Bäume, Durchforstung usw. schon helfen. Manchmal bei geringer Versumpfung, und zwar besonders im Gebirge, dürfte durch Bepflanzung mit Nadelhölzern (Fichte) abgeholfen werden können; es sind dies solche Fälle, in denen eine vermehrte verdunstende Oberfläche genügt, um Wasseransammlungen im Boden zu vermeiden. Durch Heranwachsen der Bäume und deren dichten Schlufs wird nicht nur die verdunstende Oberfläche immer gröfser, sondern es kann durch das dichte Laubdach auch immer weniger Wasser auf den Boden hinab.

Das radikalste Mittel, die Entwässerung durch *Drainage* oder Gräben, ist gerade bei Forsten erst nach reiflicher Erwägung aller örtlichen Verhältnisse in Anwendung zu bringen, da das Verfahren bisweilen gröfsere Nachteile als Vorteile bringt. Dies ist vorzugsweise in Gebirgsforsten der Fall, wo leicht die Erniedrigung des Wasserstandes eines Bezirkes weitergreifende Folgen für die Umgebung hat, und Strecken, namentlich Hänge mit starkem Baumwuchs, die keinen Überschufs an Wasser hatten, trockner gelegt werden. Die an das bisherige Mafs von Feuchtigkeit gewohnten Bäume gehen zurück und dürften zum Teil absterben. In der Ebene sind derartige schroffe Schwankungen durch die Drainage weniger zu fürchten.

Wir würden auf die Sumpfbildung hier nicht weiter einzugehen haben, wenn nicht, abgesehen von den Gasexhalationen, dadurch Schädigungen der Kulturflächen hervorgerufen würden, dafs solche Sumpf- und Bruchwässer zeitweise zum Abflufs gelangen. Vorzugsweise ist hier die Wiesenschädigung im Auge zu behalten, da manchmal schädliches Sumpf- und Bruchwasser zur Berieselung Verwendung findet. Der Versumpfung von Rieselwiesen durch Überfüllung mit Senkstoffen mag nur nebenbei gedacht werden.

Betreffs der Gasexhalationen sind die Angaben von Bischof und Popoff anzuführen[1]). Die entstehenden Gase sind oft reich an Kohlenwasserstoffen, namentlich Methylwasserstoff (Sumpfgas CH^4). Popoff untersuchte das Gas, das sich in einem Kolben entwickelte, in welchem eine Schlammmasse mit Küchenabfällen u. dergl. sich befand. Die Schlammmasse blieb 3½ Woche bei anfangs 17, später 7 bis 10° C. im Kolben und ergab bei den aufeinanderfolgenden, meist nach Zwischenräumen von zwei bis vier Tagen stattfindenden Untersuchungen Gasgemische von folgender prozentischer Zusammensetzung:

1.	11,75 CO^2	2,48 CH^4	4,71 O	81,06 N
2.	12,62 „	5,68 „	81,70	
3.	34,99 „	29,03 „	0,0 O	35,98 N

¹) Bischof's Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, II. Aufl. Popoff in Pflüger's Archiv f. Physiologie, Bd. X, S. 113.

1.	55,81 CO^2	42,54 CH^4	0,0 O	1,65 N
5.	56,00 „	42,70 „	0,0 „	1,30 „
6.	45,9 „	54,1 „	0,0 „	0,0
7.	43,3 „	56,6 „	0,0 „	0,1

Man ersieht aus diesen Zahlen, dafs zu Anfang des Versuchs die im Kolben befindliche atmosphärische Luft zum Teil ausgetrieben, zum Teil verbraucht wird, indem der Sauerstoff zur Oxydation der organischen Reste im Schlamme diente. Solange freier Sauerstoff vorhanden war, überwog die Bildung von Kohlensäure diejenige des Sumpfgases; dagegen drehte sich dieses Verhältnis um, sobald der Sauerstoff verzehrt war.

Von der Ansicht ausgehend, dafs es wesentlich die im Schlamme befindliche Cellulose ist, welche unter Mitwirkung niederer Organismen zersetzt wird, brachte POPOFF reines Filtrierpapier mit einer geringen Schlammmasse in einen Kolben und fand bei Untersuchung des nach einiger Zeit gebildeten Gases die Zusammensetzung desselben aus 34,07 % Kohlensäure, 37,12 % Sumpfgas, 1,06 % Wasserstoff, 27,75 % Stickstoff.

In der Nähe der Sümpfe riechen wir aber nicht selten auch deutlich Schwefelwasserstoff. Derselbe rührt zum Teil von den faulenden Eiweifskörpern her, die Leucin, Tyrosin und andre Stoffe bei ihrer Zersetzung bilden und schliefslich in Kohlensäure, Sumpfgas, Ammoniak usw. zerfallen. Die von DETMER citierten Beobachtungen von ERISMANN[1]) gestatten einen Einblick in die quantitative Zusammensetzung der in 24 Stunden abgegebenen Gasmenge von 18 cbm Exkrementen, die in einer wenig ventilierten Abtrittgrube sich befanden.

Die Masse ergab 11,144 kg Kohlensäure, 2,040 kg Ammoniak, 0,033 kg Schwefelwasserstoff, 7,464 kg Sumpfgas. Bei dieser auch Wasserstoff und Stickstoff entwickelnden Fäulnis sollen von den 18 cbm in 24 Stunden 13,85 kg Sauerstoff aufgenommen worden sein.

Es zeigt sich hierbei eine verhältnismäfsig sehr geringe Entwicklung von H^2S, und man mufs daher annehmen, dafs, wenn sich in Sümpfen und anderen Orten so grofse Mengen von Schwefelwasserstoff ausbilden, diese ihren Ursprung einer durch die organische Substanz bedingten Reduktion schwefelsaurer Salze im Boden verdanken.

Über solche Reduktionsvorgänge in der Moorsubstanz fassen PAGEL[2]) und OSWALD die Resultate ihrer Untersuchungen dahin zusammen, dafs bei Luftabschlufs aufser Schwefelwasserstoff noch Schwefelmetalle auftreten, und dafs neben dieser Reduktion der schwefelsauren Salze auch Ammoniak sich aus den stickstoffhaltigen Substanzen des Moores bildet. In der Entstehung dieser Stoffe, von denen die Verfasser es unbestimmt lassen, ob dieselbe nur bei Luftabschlufs erfolgt, dürfte die Schädlichkeit des stagnierenden Wassers ebenfalls zu suchen sein.

Das Verbrennen der Pflanzen im nassen Boden.

In Sommern, welche sich durch starke Temperaturextreme auszeichnen, findet man in Kulturen von schnell wachsenden, grofsblättrigen Pflanzen, wie z. B. bei dem Hopfen, dafs an recht heifsen, hellen, windigen Tagen besonders die Pflanzen feuchter Standorte welken.

[1]) Zeitschr. f. Biologie, Bd. XI, S. 233 ff.
[2]) Landwirtsch. Jahrb., Bd. VI., Supplementheft S. 351.

In nassen Löchern sieht man bisweilen die unteren und mittleren Blätter gelb- und braunrandig werden und zum Teil derartig zusammentrocknen, dafs sie in der Hand zu Pulver zerrieben werden können. Die Exemplare sind teilweise von der Sonne verbrannt. Das Auffallende der Erscheinung liegt nur darin, dafs gerade an denjenigen Ackerstellen, an welchen das ganze Jahr über hinreichende Feuchtigkeit vorhanden, das Verbrennen sich einstellt, während in höheren, trockenen Lagen, die dem Winde noch mehr ausgesetzt sind, die Pflanzen weniger zu leiden pflegen. Die vom Verfasser ausgeführten vergleichenden Kulturversuche[1]) geben über derartige Fälle genügenden Aufschlufs. Sie haben gezeigt, dafs Pflanzen, welche von Jugend auf ihren Wurzelapparat in einem sehr wasserreichen Boden oder in Wasser entwickeln, derart organisiert sind, dafs sie pro Quadratcentimeter Blattfläche viel mehr Wasser verdunsten als Exemplare derselben Abstammung mit demselben Nährstoffquantum und genau denselben übrigen Vegetationsbedingungen, aber geringerer Wasserzufuhr zum Boden. Es ist eine interessante, vorläufig noch nicht gewürdigte Erscheinung, dafs sehr viele unserer Kulturpflanzen aus den verschiedensten Familien zur Produktion von 1 g ausgereifter Trockensubstanz unter den ihnen optimalen Lebensbedingungen annähernd gleiche Summen von Wasser verdunsten, und zwar bewegt sich die Menge des ausgehauchten Wassers zwischen 300 und 400 g. Wenn die Pflanzen an Standorte gelangen, die, wie in Böden mit undurchlassendem Untergrunde, dauernd viel Wasser zur Verfügung haben, so wird sich in den Bodenzwischenräumen eine ständige Nährstofflösung vorfinden, welche je nach dem löslichen Bodenkapital eine mehr oder weniger hoch konzentrierte ist. Steigt die Konzentration über das der Pflanzenart zusagende Mafs, dann wächst die Pflanze kümmerlicher, bleibt kurzgliedrig, kleinlaubig, aber meist dunkelgrün. Ist die Konzentration gerade passend, dann ist das Wachstum ein sehr reiches und üppiges, und der Wasserverbrauch ist dabei absolut sehr grofs, aber berechnet pro Gramm produzierter Trockensubstanz klein. Die Pflanze verwendet unter solchen Umständen das Bodenwasser am nützlichsten. An übermäfsig nassen Stellen aber ist der Fall nicht selten, dafs die Bodenlösung arm an einzelnen Nährstoffen ist.

In solchen Verhältnissen sieht man den gröfsten Wasserverbrauch, gleichsam als ob die Pflanze die gröfsten Anstrengungen mache, um von den am sparsamsten vorhandenen Nährstoffen möglichst viel herbeizuschaffen. Die Blätter, welche unter solchen Verhältnissen gebildet werden, sind zwar grofs und schön ausgebreitet, aber sehr wenig widerstandsfähig sowohl gegen Kälte als auch gegen Hitze; sie erleiden schon Störungen durch Einflüsse, welche an anderen Pflanzen spurlos vorübergehen.

Nun treten bei Pflanzen feuchter Standorte solche Störungen auch früher ein. An heifsen und namentlich auch noch windigen Tagen ist die Verdunstung eine enorm gesteigerte; die ausgehauchte Wassermenge ist dann wesentlich gröfser als die durch die Achsenorgane zugeführte. Infolgedessen sehen wir ein Welken der Blätter bei sehr vielen Pflanzen. Je weniger eine Pflanze pro Quadratcentimeter Fläche gewohnheitsgemäfs aushaucht, desto länger genügt selbst bei extrem

---

[1]) Sorauer, Studien über Verdunstung. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, Bd. III, Heft 4 u. 5, S. 43 ff.

heifsen Tagen die vom Stengel zugeführte Wassermenge zum Ersatz des Transpirationsverlustes. Die Pflanzen nasser Standorte, die, wie experimentell festgestellt, in derselben Zeiteinheit viel mehr verdunsten als die Exemplare von trockenen Bodenlagen, sind somit zuerst an der Grenze angelangt, bei welcher ein Wassermangel in der Zelle schädlich wirkt. Bei ihnen vertrocknen die Blätter zuerst, und zwar sind es weder die allerjüngsten, noch die dem normalen Lebensende am nächsten stehenden ältesten Blätter, sondern in der Regel die kräftigst arbeitenden und zum Teil noch in der Streckung begriffenen.

Die Entwässerung der betreffenden Bodenstücke bleibt das sicherste Mittel.

Verspätete Saat.

Zu den Nachteilen der nassen Böden gehört als häufiges Vorkommnis eine Verspätung in der Bestellzeit. Die Folgen sind durch Versuche von Fr. Haberlandt[1]) und H. Thiel[2]) gezeigt worden. Der ausführlichste ist der von Haberlandt im Jahre 1876 mit den vier Sommergetreidearten angestellte, bei welchem an jedem 1. und 15. der Monate April, Mai und Juni eine Aussaat auf ein 3 qm grofses Beet erfolgte. Die Resultate lassen sich folgendermafsen zusammenfassen: Das Erntequantum nahm bei allen Sommergetreidearten um so mehr ab, je später die Aussaat vorgenommen worden war. Dies war zunächst begründet in der wesentlich schwächeren Bestockung der spät gesäten Körner und prägte sich am meisten in der geringeren Zahl der wirklich fruchtbaren Halme aus. Nicht nur in quantitativer Beziehung, sondern auch der Qualität nach war eine Abnahme sehr in die Augen springend. Das Strohgewicht stieg mit der Verspätung der Saat; es erhöhte sich überhaupt gegenüber dem Körnergewicht der Anteil der Ernte an Stoppeln und Wurzeln unverhältnismäfsig. Auch die Qualität der Körner selbst nahm sehr ab; Gerste- und Haferkörner besafsen bei Ernten von später Aussaat einen gröfseren Gewichtsanteil an Spelzen; je kleiner die einzelnen Früchte waren, desto mehr zeigte sich dieses Mifsverhältnis.

Die späteren Saaten wurden in höherem Grade von Mutterkorn, Meltau, Rost, namentlich auch von Blattläusen befallen. Sie nahmen übrigens sowohl bis zum Schossen als auch bis zur Blüte- und Reifezeit eine höhere Wärmesumme in Anspruch als die früheren Aussaaten. Selbst das Keimungsvermögen der geernteten Körner war ein verschiedenes, und zwar ein ungünstigeres bei denjenigen, die von Pflanzen später Saat abstammten. Erstens war der Prozentsatz an keimenden Körnern ein geringerer; zweitens brauchten die Körner von den spät gesäten und spät geernteten Pflanzen auch längere Zeit bis zur Keimung.

Aus den früher von Haberlandt angestellten Versuchen in dieser Richtung, bei denen sich ebenfalls eine geringere Entwicklung der Körner sowohl dem Volumen als auch dem absoluten und spezifischen Gewicht nach beobachten liefs, geht auch hervor, dafs die Ursache der Differenz zwischen späten und frühen Saaten nicht die Bodenfeuchtigkeit allein ist. In diesen Versuchen hatten die Pflanzen von

[1]) Fr. Haberlandt, Die Beziehungen zwischen dem Zeitpunkt der Aussaat und der Ernte beim Sommergetreide. Österr. landw. Wochenbl. 1876, Nr. 3; 1877, Nr. 2.

[2]) H. Thiel, Über den Einflufs der Zeit der Aussaat auf die Entwicklung des Getreides. Ref. in Biederm. Centralbl. f. Agrikulturchemie. 1873. S. 47.

Anfang an genügende Wasserzufuhr und zeigten doch das abweichende Verhalten.

Die Versuche von THIEL beschäftigen sich mit der verschieden späten Aussaat im Herbste. Die Erntezeit war für alle Pflanzen selbst von weit auseinanderliegender Saatzeit nahezu dieselbe; aber der Ertrag war bei spät gesäten sehr gering, soweit sie überhaupt am Leben geblieben waren. Wohl mit Recht macht THIEL hier aufmerksam, dafs die spät gesäten Pflanzen bei der entsprechenden Frühjahrswitterung gleichzeitig mit den früh gesäten schofsten, ohne dafs sie Zeit gehabt hatten, wie die aus früher Saat stammenden Pflanzen, genügendes Material für reichliche Entwicklung zu sammeln. Natürlich spielt hierbei die Beschaffenheit des Saatgutes auch eine wesentliche Rolle. Je älter das Saatgut ist, desto langsamer lassen sich die Reservestoffe mobilisieren. Bei der Reife und Nachreife gehen die Zucker- und Amydstickstoffmengen zurück[1]), und diese müssen bei der Keimung erst wieder in den Vordergrund treten. Von dem Alter der Samen und der Beschaffenheit des Bodens hängt das mehr oder weniger günstige Aufgehen ab. Bei dieser Gelegenheit wollen wir die Warnung einflechten, dafs man sich nicht auf die Ergebnisse anderweitiger Keimproben verlassen darf, sondern man mufs seine eignen Böden auf ihr Verhalten zu den verschiedenen Samen selbst direkt prüfen. Saatgut, das nach den üblichen Keimproben sich bewährt, kann, namentlich in schweren Böden, schlechte Resultate geben, und umgekehrt vermag ein leichter Boden einem im Keimbett mittelmäfsig sich erweisenden Samen zu gutem Aufgehen oft zu verhelfen. HILTNER[2]) berichtet beispielsweise von frisch geerntetem Roggen, der durch einen Gewitterregen gelitten hatte; er lief auf verschiedenen Feldern gut auf, versagte auf schwerem Boden aber gänzlich. In einem anderen Falle verschimmelte Roggen, der bei der Keimprobe 97% Pflänzchen entwickelte, auf einem Felde fast vollständig, während er auf dem danebenliegenden einen normalen Bestand ergab.

Aussauern der Saaten.

In dem Abschnitt über zu tiefe Lage der Saat (S. 104) haben wir schon der Nachteile gedacht, welchen das Saatgut auf schweren oder verkrusteten Böden bei grofsem Wassergehalt manchmal ausgesetzt ist. Auch die aufgelaufene Saat hat mit Schwierigkeiten zu kämpfen, die von der physikalischen Bodenbeschaffenheit, namentlich von dem Überflufs an Wasser bei schweren Böden, herrühren. Hierzu gehört das Aussauern der Saaten, das allerdings auch bei leichten Böden eintreten kann, aber tatsächlich meist nur bei schweren, zähen Böden beobachtet wird.

Das Aussauern ist ein Abfaulen der Wurzeln durch längere Berührung mit stehendem Wasser in Gegenwart organischer Bestandteile. Die meisten Wurzeln vertragen einen dauernden Aufenthalt in fliefsendem oder solchem stehenden Wasser recht gut, das frei von abgestorbenen organischen Substanzen ist, was wir bei der Methode der Wasserkulturen sehen können. Es wird aber hier auch ängstlich vermieden, tote Pflanzenreste in den Kulturgefäfsen zu belassen; denn

---

[1]) JOHANNSEN, W., Studier over Planternes periodiske Livs yttringer, I; cit. Bot. Jahresb. 1897, I, S. 143.

[2]) L. HILTNER in Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz, 1903, Heft I.

die sich zersetzende organische Substanz beansprucht allen Sauerstoff, der bei der geringen Zufuhr noch vorhanden ist; die Wurzel der wachsenden Pflanze mufs dann durch Sauerstoffmangel und Überschufs an Kohlensäure zugrunde gehen. Auch in gewönlichen Verhältnissen können Saaten oft eine wochenlange Berührung mit Wasser aushalten, wenn die Temperatur eine niedrige ist. So berichtet FEIGE[1]), dafs Weizen, welcher fünf Wochen unter 5° C. kaltem Wasser gestanden, dennoch erhalten geblieben ist. Dagegen war ein Weizen, welcher acht Wochen unter Wasser war, dessen Temperatur bis auf 7° C. stieg, spurlos verschwunden. Korn, welches vordem gesund war, vertrug vier bis fünf Wochen lang Wasser von 3° C., war jedoch schon etwas angegriffener als der obenerwähnte Weizen. Luzerne und Klee hielten ebenfalls im Wasser besser aus als Korn.

Durch Aussauern leidet nach KÜHN der Roggen besonders stark, während unter denselben Verhältnissen andere Gräser, wie die Trespe, sich sehr üppig entwickeln können. Dieser Umstand hat den hier und da noch immer auftretenden Irrglauben hervorgerufen, dafs Roggen sich in Trespe verwandeln könne. Hierher gehört nach unserer Auffassung auch die „*Arrabbiaticcio*" des Weizens in den Marennen und der römischen Campagna. PEGLION[2]) erklärt die Erscheinung als ein allgemeines Zurückgehen der Pflanzen durch Überwucherung seitens der Unkräuter, die auf dem unzuträglichen Boden besser als der Weizen gedeihen. In Süditalien bezeichnet man die Erkrankung als „*calda fredda*" und „*secca molla*".

Am allerschädlichsten wird das Aussauern bei der Winterölsaat, speziell bei dem Raps. Die Wurzeln desselben verfaulen bei andauernder Nässe von der Spitze aus, so dafs im Frühjahr nur noch der Wurzelhals und die Blattrosette übrigbleiben, die so lange gesund erscheinen, als die feuchte Frühjahrswitterung das Austrocknen verlangsamt. Gar bald indes werden die Pflanzen braun und lassen sich an einem Blatte aus dem Boden ziehen.

Zur Erklärung des Umstandes, dafs bei dauernder Bodennässe die Vegetationsdecke sich ändert, dafs also Erscheinungen eintreten, wie vorerwähnte Ausbreitung der Trespe bei Roggensaat, dient eine Untersuchung von E. FREIBERG und A. MAYER[3]). Dieselbe ergab, dafs das Sauerstoffbedürfnis bei den Wurzeln der Sumpfpflanzen ein viel geringeres als bei denen unserer Kulturpflanzen ist. Damit zeigt sich, wie von vornherein zu vermuten, dafs die einzelnen Pflanzenspezies ganz verschiedene Ansprüche an den Sauerstoffgehalt der Bodenluft stellen und sich demnach mit ihrer Ansiedlung nach den gebotenen Verhältnissen richten müssen. Aus den Versuchsergebnissen läfst sich aber noch eine Andeutung entnehmen, die im allgemeinen zur Beurteilung der Ansprüche dienen kann, welche die verschiedenen Pflanzen mit dem Luftbedürfnis ihres Wurzelkörpers an die Bodenart stellen. Es zeigt sich nämlich, dafs das Sauerstoffbedürfnis der Pflanze für ihre Atmungsfähigkeit um so gröfser ist, je gröfser der Stickstoffgehalt der Pflanze. Die Sumpfpflanzen zeigen einen auffallend geringen Stickstoffgehalt und lockeren inneren Bau, der das Speichern grofser

[1]) Aus Österr. landw. Wochenbl. cit. in Biedermann's Centralbl. 1877, S. 76.

[2]) PEGLION, V., Sull' arrabbiaticcio e calda fredda. Annuar. d. R. Stazione di Patol. veget. Roma. Vol. I. 1901, S. 37.

[3]) E. FREIBERG und A. MAYER, Über die Atmungsgröfse bei Sumpf- und Wasserpflanzen. Landwirtsch. Versuchsstationen 1879, S. 463.

Luftquantitäten im Innern des Leibes gestattet und auf eine Erleichterung der internen Atmung schliefsen läfst. Die eigentlichen Wasserpflanzen atmen in geringerer Intensität wie die Landpflanzen, wie BÖHM bei Versuchen in einer Wasserstoffatmosphäre durch Messung der infolge innerer Verbrennung gebildeten Kohlensäure gefunden[1]). Da man wohl annehmen kann, dafs die Atmungsgröfse der Pflanze von der Menge Eiweifs bestimmt wird, die zur Verbrennung im Körper gelangt, so wird bei unseren stickstoffreichen Kulturpflanzen das Sauerstoffbedürfnis des Wurzelkörpers am gröfsten sein und diejenigen Bodenarten daher die geeignetsten, welche diesem Bedürfnis neben den anderen Anforderungen am vollkommensten genügen. Dies sind die nährstoffreichen lockeren oder gelockerten Äcker.

Denjenigen Ländereien also, welche durch Krustenbildung bei Regen oder Verschlämmung bei Überschwemmungen immer wieder dem Sauerstoffmangel ausgesetzt sind, wird durch entsprechende Änderung ihrer physikalischen Eigenschaften aufgeholfen werden müssen. In denjenigen Fällen von Versauern dagegen, bei denen der Luftabschlufs nicht durch die physikalische Beschaffenheit zur Notwendigkeit wird, sondern bei denen nur übermäfsige Wasserzufuhr die an sich grofsen Bodenräume füllt, wird man an Entfernung des Wassers gehen müssen. Hier sind dann tiefe Drainage oder mindestens 120 cm tiefe Abzugsgräben, die den Grundwasserspiegel so weit senken, die empfehlenswertesten Vorbeugungsmafsregeln. Die Herstellung einer so tiefen durchlassenden Schicht wird darum notwendig, weil manche Hülsenfrüchte, wie Luzerne und Esparsette, mit ihren tiefgehenden, nur spärlich mit Fibrillen besetzten Wurzeln gern absterben, sobald sie auf Grundwasser kommen.

Das Versauern der Topfgewächse.

Das Versauern der Topfgewächse zeigt sich vorzugsweise auch nur bei Anwendung lehmiger oder mooriger Erden. Wenn das Abzugsloch des Blumentopfes verstopft ist und übermäfsiges Begiefsen durch ungeübte Arbeiter stattfindet, sterben auch die Wurzeln der Topfgewächse vollständig ab, indem sie braun und weich werden.

Die versauerte Erde läfst sich durch ihren eigentümlichen Geruch sofort erkennen; es tritt ein ganz anderer Zersetzungsprozefs der reichlich vorhandenen organischen Reste, welche nahrhafte Topferden immer enthalten, ein. Es entstehen wahrscheinlich saure Verbindungen aus der immer noch wenig gekannten Reihe der Humuskörper und jedenfalls auch freie Säuren. Ist Eisen im Boden, so können die unschädlichen Eisenoxydsalze zu den schädlichen Oxydulsalzen reduziert werden, da bei der Überfüllung der Bodenräume mit Wasser empfindlicher Sauerstoffmangel eintreten mufs.

Das sowohl durch die Wurzelausscheidung wie durch die Zerzetzung der organischen Bodenreste mit Kohlensäure überfüllte Wasser reicht bei dauernder Einwirkung allein schon hin, die Pflanzen zu töten. W. WOLF[2]) zeigte experimentell, dafs gesunde Pflanzen, in kohlensäurehaltiges Wasser versetzt, alsbald in ihrer Kohlensäureausscheidung

---

[1]) BÖHM, Über die Respiration von Wasserpflanzen. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien, 1875, Maiheft.

[2]) Tagebl. d. Naturf.-Vers. zu Leipzig 1872, S. 209.

ganz bedeutend nachlassen. Die Folge davon ist ein Welken und später ein Absterben der Blätter. Wenn wir auch die Mechanik des hier stattfindenden Welkens noch nicht mit Sicherheit erklären können (die von W. Wolf[1]) gegebene Erklärung erscheint nicht ausreichend), so werden wir doch kaum fehlgehen bei der Annahme, dafs infolge der übermäfsigen Kohlensäureanhäufung im Bodenwasser zunächst die normale Kohlensäureausscheidung der Wurzeln, die bei kräftigem Wachstum nicht unbeträchtlich, aufgehoben wird. Es mufs im Innern der Pflanze ein aufsergewöhnlich hoher Gasdruck entstehen, der bis zum Auftreten positiver Drucke in den Gefäfsen gesteigert, die Fähigkeit derselben, Wasser nach den oberirdischen Teilen zu leiten, reduziert. Die Leitungsfähigkeit der Gefäfse für Wasser wird um diejenige Leistung vermindert, die der negative Druck in den Gefäfsen übernimmt. Wenn somit die Zuleitung des Wassers geschwächt, ohne dafs der Verbrauch der Blätter vermindert wird, so ist das Welken die nächste Folge. Wenn, wie bei den Versuchen von Wolf, die Pflanzen in destilliertes Wasser zurückversetzt werden, stellen sich ein normales Aussehen und normale Funktionen wieder ein. Das destillierte Wasser ist in diesem Falle gleichsam ein Schwamm, der die Kohlensäure und die übrigen Wurzelausscheidungen mit Begierde aufnimmt.

Für die Pflanzenwurzel wird schliefslich der Effekt derselbe sein, ob die Kohlensäure im Wasser gelöst oder gasförmig infolge mangelnder Bodenabsorption die Wurzelfasern umspült. Bei den oberirdischen Pflanzenteilen ist es allerdings anders und sehr ins Gewicht fallend, ob sie mit kohlensäurereichem Wasser oder mit derartiger Luft in Berührung kommen. Wenigstens ist dies durch Böhm's Versuche für die Blätter grüner Landpflanzen anschaulich gemacht worden[2]). Böhm tauchte Blätter verschiedener Landpflanzen in kohlensäurehaltiges Wasser und fand, dafs die Sauerstoffabscheidung aufhörte, wenn man den Pflanzenteil verhinderte, sich erst mit einer Kohlensäureatmosphäre zu umgeben und sich dadurch vor der direkten Berührung mit dem Wasser abzuschliefsen.

Die Erscheinungen bei dem übermäfsigen Begiefsen verstopfter Töpfe und der daraus resultierenden Stockung der Boden- und Pflanzentätigkeit lassen sich am besten ermessen, wenn man einmal den Boden eines mit einer gesunden Pflanze versehenen Blumentopfes während der Vegetationszeit mikroskopisch betrachtet. Was für ein reges Wirtschaften entfaltet sich da im Boden. Von der Krume aus bis (bei Laub- und Heideerde) auf den Topfgrund begegnet man Resten von Blättern und Stengeln, an denen vielfache Arten der sog. Schimmelformen in sterilen Mycelrasen oder mit ausgebildeten Konidienformen ihr Zersetzungswerk ausüben. Je nach der Natur der Pflanzenreste findet man abwechselnd *Sepedonium* (*chrysospermum?*), *Verticillium ruberrimum* oder *Penicillium glaucum*, *Acremonium*, *Acrocylindrium*, *Cladosporium penicillioides*, verschiedene Arten von *Fusarium* u. a. m. Auf der Oberfläche kommen bisweilen noch viele andere, namentlich die luftbedürftigeren Gattungen gemeinschaftlich mit lebenden Diatomaceen und anderen Algenformen vor. Am tiefsten hinein gehen die Schizomyceten. Man findet Stärkekörnchen und Plasmareste von strahlig angeordneten Kolonien von Stäbchenbakterien umgeben, und auch auf

[1]) Jahresber. f. Agrik.-Chemie, 1870/72, II, S. 134.
[2]) Anzeigen der Wien. Akad. d. Wiss., 1872, Nr. 24, 25, S. 163.

kristallinischen Splittern sind manchmal Bakterienkolonien angesiedelt. All dies rege Leben arbeitet an der Zerstörung der Pflanzensubstanz und befördert die Sauerstoff beanspruchenden Prozesse, die wir als Verwesung bezeichnen, und all dies rege Leben wird durch den Abschlufs der Bodenporen mit Wasser entweder aufgehoben oder in andere, schädliche Bahnen geleitet, die in die Reihe der Fäulniserscheinungen, also der Zersetzung bei Sauerstoffabschlufs, gehören. Jeder Boden hat aufser seinem Bakterienbestande auch seine mykologische Flora, die an der Zersetzung der organischen Substanzen arbeitet und, wie es nach OUDEMANS und KONING[1]) scheint, annähernd typisch für bestimmte Bodenarten ist.

Man kann bei den Topfkulturen den Beginn einer Stagnation schon voraussetzen, wenn man sieht, dafs die Oberfläche des Bodens sich mit einer auch dem Topfrande fest ansitzenden, harten, weifsen oder rötlich gefärbten Kalkkruste überzieht. Dafs die Inkrustierung der obersten Bodenschicht der Töpfe und des Topfrandes vorzugsweise durch kohlensauren Kalk erfolgt, ersieht man aus der ungemein reichen Kohlensäure-Entwicklung bei Zusatz von Essigsäure.

Auch kohlensaure Magnesia und kohlensaures Eisenoxydul, das später durch Oxydation als Eisenoxydhydrat verschiedene Färbungen der Krusten erzeugt, werden angetroffen. Nach dem mikroskopischen Befunde scheinen auch schwalbenschwanzförmige Kristalle des Gipses und Oktaeder des oxalsauren Kalkes sowie in Essigsäure lösliche rhombische Formen von phosphorsaurem Kalke aufzutreten. Diese letztgenannten Salze sind nicht immer und nie in grofsen Mengen nachweisbar; dagegen sind der kohlensaure Kalk und wohl auch die kohlensaure Magnesia nebst feinsten Quarzsandkörnchen die steten Materialien der Krusten, zwischen denen anfangs noch eine reiche Pilzvegetation mit Konidienbildung auf den Humusbestandteilen wahrnehmbar ist. Die Entstehung dieser Krusten ist dadurch zu erklären, dafs das bei dem Begiefsen in grofsen Quantitäten gegebene Wasser sich mit der durch den Verwesungsprozefs reichlich erzeugten Kohlensäure innerhalb der Bodenzwischenräume beladet. Dadurch wird das Wasser ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für den im Boden vorhandenen einfach kohlensauren Kalk und die Magnesia, für phosphorsaures und kieselsaures Eisenoxyd usw.

Je schneller bei gutem Abzuge des Blumentopfes das überschüssige Wasser ablaufen kann, desto weniger Mineralien werden gelöst und fortgeschwemmt. Bleibt dagegen das Wasser im Topfe, und ist es einmal mit dem Kalk, der als doppeltkohlensaurer gelöst ist, reichlich versehen, so ist kein anderer Weg zur Entfernung vorhanden als der der Verdunstung. Es verdunstet nun von der wassergesättigten Oberfläche des Topfes und, falls die Poren der Topfwände nicht durch grüne, schleimige Algenvegetation verschlossen, auch durch die Topfwandungen hindurch langsam diese Wassermasse, wobei sie die gelösten Stoffe zurückläfst. Die „Töpfe beschlagen". Der Kalk bleibt als einfach kohlensaurer Kalk zurück, wie am Rande eines Kochtopfes, in welchem kalkhaltiges Wasser zum Kochen gebracht worden ist.

Hiermit ist die Nützlichkeit der beiden in der Praxis angewendeten

---

[1]) OUDEMANS, C. A. J., et KONING, C. J., Prodrome d'une flore mycologique obtenue de la terre humeuse du Spanderswoud etc. Extr. Archiv. néerland.; cit. Z. f. Pflanzenkr. 1903, S. 60.

Vorgänge des häufigen Abwaschens der Blumentöpfe und des Auflockerns der Bodenoberfläche erwiesen.

Man hat bei der zunehmenden Sucht, alles durch Düngung zu erzielen, auch vielfach versucht, den in vergossenen Töpfen stehenden Pflanzen durch Zuführung verschiedenartiger Düngungsmittel wiederum aufzuhelfen, ohne die Hauptaufgabe, nämlich die Herstellung genügender Bodenventilation, zu erfüllen. Die Pflanzen haben sich dabei nicht verbessert. Umpflanzen der Gewächse zur Zeit der beginnenden Vegetation und Anregung der geschwächten Pflanze zu erhöhter Produktion durch Zuführung von Wärme zu den Wurzeln bleiben die besten Mittel.

Dafs eine Düngung bei saurer Erde, also bei Gegenwart freier Humussäure, eher schädlich wie nützlich wirken kann, geht aus EICHHORN's Untersuchungen hervor[1]). Humusreiche Erden, sagt der Verfasser, welche freie Humussäuren enthalten, machen aus Lösungen neutraler Salze Säure frei. Die hierdurch entstehende Säuerung ist stärker als ohne die Mitwirkung dieser Salze. Düngungen mit neutralen Salzen werden daher in solchen Bodenarten die Säuren vermehren. Dasselbe findet statt mit phosphorsaurem Kalk oder einem Phosphate überhaupt, wobei Phosphorsäure oder phosphorsaurer Kalk in Lösung gehen; Zusätze von neutralen Kalisalzen, besonders schwefelsauren Alkalien, begünstigen die Zersetzung. Ist die Humussäure an Basen gebunden, so tritt eine solche Säuerung nicht ein. Zufuhr von Mist, Jauche usw. werden bei derartigen Aufschliefsungen nur Nachteile bringen und sind ebenso zu vermeiden wie mergelige Erden.

In Rücksicht auf das häufige Absterben der Pflanzen bei der Zimmerkultur soll hier auf

Das unvorsichtige Begiefsen

hingewiesen werden. Ein übermäfsiges Begiefsen wird zum Teil dadurch veranlafst, dafs der Ungeübte jederzeit einen Wassermangel im Boden voraussetzt, sobald die Pflanzen welken. Bestärkt wird er in diesem Glauben durch die Erscheinung, dafs häufig nach dem Giefsen im Laufe des Tages ein Straffwerden der Pflanzen eintritt. Folgt nun diesem Zustande der Turgescenz wiederum ein Welken, so wird die Wassergabe erneuert, bis sich die Pflanze als dauernd welk und die Wurzel als verfault erweist. Solche Vorgänge zeigen sich namentlich im Herbst bei dem Einräumen zarterer Pflanzen in die Glashäuser, die noch wenig geheizt werden. Der Grund des Welkens ist dann die Kälte des Bodens. Wir wissen aus einer Anzahl von Fällen, welche SACHS[2]) anführt, dafs die verschiedenen Pflanzen eine bestimmte Temperatur für ihre Wurzeln brauchen, damit dieselben arbeiten, also auch Wasser aufnehmen können. Tabak und Kürbis welken in einem Boden von 3 bis 5° C.; wurde derselbe Boden auf 12 bis 18° C. erwärmt, war die Wurzeltätigkeit wiederhergestellt. Wenn, wie in dem angeführten Beispiele, nun begossene, welke Pflanzen im Laufe des Tages ihre Blätter hoben, wurde dies dem Einflufs des Giefsens zugeschrieben. Der wirkliche Grund aber war die während des Tages durch die Sonne veranlafste Erhöhung der Temperatur der Luft und somit des Bodens im Topfe, wodurch die Wurzeln zur Wasseraufnahme wieder angeregt wurden. Bei Eintritt der Nacht und Sinken der Temperatur unter die Grenze, bis zu

---

[1]) Landwirtsch. Jahrbücher 1877, S. 957.
[2]) Lehrbuch der Botanik, I. Aufl., S. 559.

welcher die Wurzel überhaupt noch zur Aufnahme von Wasser fähig, wiederholt sich das Welken. Die Pflanze kann also bei gröfster Bodennässe dennoch verdursten, wenn der Boden zu kalt ist. Anderseits kann die Pflanze in feuchter Luft mit total faulen Wurzeln noch lange Zeit leben, wie sich bei Wasserkulturen zeigt. Dies ist auch der Grund, dafs man bei Wurzelerkrankungen meist erst sehr spät Symptome von Störungen am oberirdischen Teile wahrnimmt.

Eine andere Ursache des Welkens macht sich im Hochsommer bemerkbar. Wenn stark verdunstende Pflanzen der heifsen Sonne und bewegten Luft längere Zeit ausgesetzt sind, beginnen sie trotz genügender Bodenfeuchtigkeit zu welken, weil die Wassermenge, welche durch die Blätter verdunstet, nicht schnell genug von der Wurzel ersetzt werden kann. Zwar wird durch die bei stärkerem Sonnenschein gleichzeitig eintretende Temperaturerhöhung auch die Wasserzufuhr sich vermehren; es steigert sich nach de Vries[1]) die Imbibition der Zellwände und damit ihre Fähigkeit der Fortleitung des Wassers, aber die erhöhte Zufuhr kann trotzdem nicht den Verdunstungsverlust decken, und die Blätter müssen erschlaffen. Werden die Töpfe dann ungeprüft weiter gegossen, so versauert die Erde ebenfalls.

Dasselbe Resultat zeigt sich bei den sogenannten Neuholländer- und Cappflanzen aus den Familien der Epacrideen, Ericaceen, Papilionaceen, Rutaceen u. dgl. Die lockere, feine, sandige, wenig zersetzte Erde, die als Heideerde im Handel ist, kann zwar in die Töpfe nicht sehr fest gedrückt werden, weil die unverwesten Wurzel- und Blattreste eine sehr lockeres Gefüge bilden. Durch zu scharfes Begiefsen werden aber die feinen Sand- und Tonteilchen erst aufgewirbelt und dann nach unten gespült, so dafs nur lange, lockere, faserige Bestandteile auf der Topfoberfläche zurückbleiben. Dieselben können natürlich nur sehr wenig Wasser zwischen sich zurückhalten und lassen dasselbe schnell nach unten durch. Die Topfoberfläche ist deshalb stets fast halbtrocken. Wenn sich nun der Gärtner verleiten läfst, unter solchen Umständen zu giefsen, und wenn die Töpfe keinen guten Abzug haben, dann faulen die sehr feinen Wurzeln. (Nebenbei bemerkt sei, dafs bei den sogenannten versauerten Töpfen nicht selten alkalische Reaktion sich zeigt. Ich sah bei wurzelfaulen Topfpflanzen feuchtes rotes Lackmuspapier sich bläuen, soweit es über der Topffläche lag.)

Als Hilfsmittel ist bereits oben das Verpflanzen in sehr sandreiche Erde und Einsenken der versauerten Pflanzen in Beete mit Bodenwärme empfohlen worden. Dafs bei dem Umpflanzen die Wurzeln bis auf die gesunden Teile zurückgeschnitten werden müssen, darf als selbstverständlich gelten. Als Vorbeugungsmittel ist das Einfüttern der Töpfe in die Erde u. dergl. zu empfehlen. Dazu mufs man sich aber eines Stockes oder eines kegelförmig gedrehten Holzes bedienen, um ein tiefes, trichterförmiges Loch herzustellen, dessen oberer Rand gerade so grofs wie der Topfrand ist. Der Topf hängt dann gleichsam in dem Loche; der Topfboden hat unter sich den übrigen Teil des kegelförmigen Loches, wodurch das Einkriechen der Regenwürmer durch das Abzugsloch und das Verstopfen desselben verhindert wird.

Bei frei im Zimmer oder auf Tabletten stehenden Blumentöpfen

---

[1]) Bot. Zeitung 1872, S. 781.

darf bei nur einiger Aufmerksamkeit kein Versauern vorkommen. Es läfst sich nämlich durch Anklopfen an den Topf mit ziemlicher Sicherheit der Wassergehalt der Erde beurteilen. Wenn diese reich an Feuchtigkeit ist, befindet sich auch Wasser zwischen den einzelnen Bodenpartikelchen und der Wandung des Topfes, und der Ton desselben ist ähnlich dem einer dichten Masse; bei Wasserarmut dagegen klingt der Topf hohl.

Nach dem Vorstehenden ist also nicht nur zu erwägen, wieviel gegossen wird, sondern auch, in welcher Art und Weise die Topfpflanzen begossen werden. Um das Aufwirbeln der feinsten Ton- und Sandpartikelchen und damit die Krustenbildung oder das Verschlämmen der Abzugskanäle des Topfes zu vermeiden, wird man also nie scharf aus der Tülle der Giefskanne giefsen dürfen. Entweder bediene man sich bei beetweise gestellten, eingesenkten Pflanzen der Brause oder bei Töpfen auf Stellagen in Glashäusern einer lang und eng ausgezogenen Tülle, die nur einen schwachen Wasserstrahl gibt. Auch vermeide man, den Wasserstrahl auf die Stammbasis zu halten, die nicht selten ganz weifs von Kalkinkrustationen ist.

Gebrauch der Topfuntersätze.

Bei der Zimmerkultur ist der Gebrauch von Topfuntersätzen allgemein. Betreffs Erhaltung der Reinlichkeit der Fensterbretter und Blumentische ist der Topfuntersatz notwendig; für die Kultur ist er meistens schädlich. Gleichviel ob man die Töpfe von oben begiefst oder sie durch Einfüllen von Wasser in den Untersatz von unten bewässert, so wird doch eine Ansammlung von überflüssigem Wasser fast stets die Folge sein. Viele Liebhaber halten diesen Zustand sogar für erspriefslich. Die Folgen aber sind ein Ersticken der Wurzeln am Boden des Blumentopfes. Die Wurzelfäulnis setzt sich allmählich nach oben fort und macht sich schliefslich im Absterben der Blätter vom Rande her kenntlich. Wenn diese Symptome auftreten, ist in der Regel die Pflanze für den Liebhaber verloren. Der Gärtner kann die erkrankte Pflanze oftmals erhalten. Für den Liebhaber, der ein Warmbeet nicht zur Verfügung hat, empfiehlt sich das Einpflanzen des kranken Stockes in reinen Sand und Aufstellen desselben in warme, halbschattige Lage.

Der Abbau der Kartoffeln.

Bei Besprechung der Nachteile schwerer Böden sei der in praktischen Kreisen neuerdings wiederum stark hervorgetreten Ansicht gedacht, dafs unsere Kartoffeln sich „abbauen“, d. h. ihre guten Eigenschaften allmählich verlieren und degenerieren. Man will dies damit erklären, dafs bei der üblichen Fortpflanzungsmethode durch Auslegen von Knollen man eigentlich unausgesetzt ein einmal aus Samen erzogenes Individuum ungeschlechtlich fortpflanze, und dafs somit ein derart langlebiger Organismus doch auch endlich einmal die Schwächezustände des Alters zeigen müsse. Beweis dafür sei der Rückgang im Stärkegehalt bei unseren beliebtesten älteren Sorten, wie z. B. bei der Daber'schen.

Unserer Ansicht nach liegt die Ursache des vermeintlichen Abbaues in der Unvorsichtigkeit des Landwirts, Sorten, die auf leichtem Boden entstanden sind, auf schweren Böden zu kultivieren. Wir verweisen



Lieferung 7. (Erster Band, Bog. 14—18.) Preis: 3 Mark.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage

in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau, Privatdozent an der Universität Berlin

und

Dr. L. Reh, Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben

von

Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



Mit zahlreichen Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW., Hedemannstrasse 10.
1906.

Erscheint in 16—18 Lieferungen à 3 Mark.



in dieser Beziehung auf eine Arbeit von Ehrenberg[1]) über die Ergebnisse fünfzehnjähriger Versuche der „Deutschen Kartoffelkulturstation“. Der Durchschnittsertrag von sämtlichen angebauten Sorten erwies sich von 1888 bis 1903 beständig steigend. Betreffs der „Daber'schen“ fallen die Erträge nur auf schwerem Boden, was erklärlich wird, da in Daber selbst ein leichter, trockener Sandboden vorherrscht. Wurde neubezogenes Saatgut davon in schweren bindigen Boden gebracht, lieferte dasselbe bessere Erträge, als die seit lange dort kultivierte Form. Dasselbe neue Saatgut aber auf Sandboden gebracht, ergab meist ein minder gutes Resultat der eingebürgerten Rasse gegenüber. Wir finden in diesen Versuchen den Hinweis, dafs neu eingeführtes Saatgut zunächst den Charakter seines bisherigen Anzuchtsortes beibehält. Wenn also ein schwerer Boden den Stärkegehalt herabdrückt, so geschieht dies bei neuem Saatgut nicht gleich im ersten Jahre, und deshalb ist dasselbe stärkereicher als die einheimische Frucht. Auf Sandboden aber hatte sich eine Rasse gezüchtet, die den für die Verhältnisse möglichen reichsten Stärkegehalt besafs; die Neueinführungen mit ihren mitgebrachten Eigenschaften aber hatten sich diesen Verhältnissen noch nicht genügend angepafst, gaben also eine geringere Ausbeute. Ein Abbau oder eine Degeneration wird somit nur dort stattfinden, wo eine Sorte nicht die von ihr beanspruchten Kulturverhältnisse findet.

Ähnlich dürfte es sich mit allen Erscheinungen eines vermeintlichen Abbaues oder einer Degeneration verhalten. Unsere Kulturrassen sind eben Züchtungsprodukte ganz bestimmter Lage-, Boden- und Witterungsverhältnisse und erhalten sich nur rein, wenn sie ähnliche Bedingungen wie an ihrem Entstehungsorte wiederfinden. Will man schätzbare Eigenschaften einer bestimmten Sorte an einer andern Örtlichkeit verwerten, so geht dies nur durch öftere Erneuerung des Saatgutes aus der Heimat dieser Sorte oder aus ähnlich situierten Gegenden.

Die Empfindlichkeit der Süfskirschen.

Die Klagen in einzelnen Gegenden, dafs die Süfskirschen alljährlich zunehmende Beschädigungen durch Frost, Gummiflufs, Pilzbefall usw. erleiden, beruhen vielfach auf Nichtbeachtung des Umstandes, dafs die Kirsche keinen schweren Boden liebt. Dieser Umstand ist neuerdings von Ewert[2]) besonders hervorgehoben worden und verdient den Obstzüchtern immer wieder vor Augen geführt zu werden.

Natürlich sind auch hier einzelne Kultursorten befähigt, sich schwereren Böden mehr anzupassen; aber im allgemeinen gilt die Regel, dafs die Süfskirsche einen leichten, tiefgründigen Boden gern hat und auf diluvialen Sanden und Löfsböden besonders gut gedeiht. Der Nährstoffreichtum des Bodens ist weit weniger ausschlaggebend als die physikalische Bodenbeschaffenheit, und zwar besonders die Körnung.

Vielfach wird Kalkmangel als Ursache des schlechten Gedeihens angegeben, und wir erzielen auch Heilungserfolge durch Kalkzufuhr. Die Verbesserung im Wachstum der Bäume ist aber dabei nicht immer auf die Wirkung des Kalkes als Nährstoff zurückzuführen, sondern auf

[1]) Ehrenberg, B., Der Abbau der Kartoffeln. Landw. Jahrb. Bd. XXXIII; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1905, S. 235.

[2]) Ewert, Das Gedeihen der Süfskirschen auf einigen in Oberschlesien häufigen Bodenarten. Landw. Jahrb. 1902, Bd. XXXI, S. 129.

die dadurch erzielte Veränderung der physikalischen Bodenverhältnisse, nämlich auf die gröfsere Krümelung und dadurch gesteigerte Durchlüftbarkeit. Betreffs des Kalkes als Nährstoff erhalten wir durch die EWERT'schen Angaben einen Einblick. Demnach gedeiht die Süfskirsche noch bei einem Kalkgehalt von 0,04 bis 0,15 %. Boden mit etwa 80 % abschlämmbaren Teilen ist selbst bei 40 bis 45 % $CaCO^3$ für Kirschenkultur nicht geeignet, wenn der Kalk hauptsächlich in abschlämmbarer Feinheit vorhanden ist. Gegen Grundwasser ist die Kirsche sehr empfindlich, und ihr Anbau rentiert am besten auf trockenen Böden in freien Lagen.

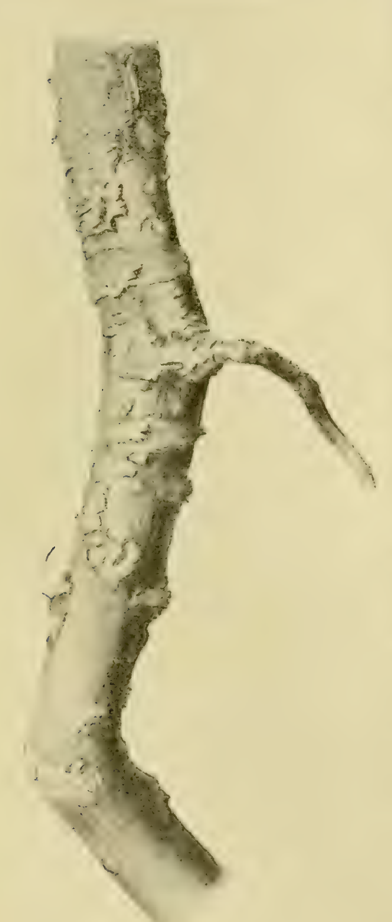


Fig. 23. Apfelwurzel mit aufgebrochenen Lohstellen, nat. Gr. (Orig.)

Die Lohkrankheit.

Vorzugsweise bei älteren Bäumen, die in nassem Grunde stehen, aber bisher kräftiges Wachstum gezeigt haben, leitet sich ein Rückgang in der Produktion dadurch ein, dafs die Stammrinde der alten Teile aufreifst oder nach Abblätterung der äufseren Korkschichten blasige oder flach schwielige Auftreibungen zutage treten läfst, die später eine staubig oder wollig aussehende Oberfläche erhalten. Wenn die Stelle etwas trocken wird, läfst sich von derselben ein rotgelbes bis braungelbes Pulver abwischen, das im Farbenton der frischen Lohe ähnlich ist und die Veranlassung zur Bezeichnung „Lohkrankheit“ gegeben haben mag. Ich habe bei Einführung dieser Krankheit in die Wissenschaft den von den praktischen Züchtern gebrauchten Namen beibehalten.

Derselbe Vorgang stellt sich auch an Wurzeln und jüngeren Zweigen ein. Junge Zweige mit knötchenartigen Lohpusteln treten bei Kirschen auf. Die Erkrankung der älteren Stamm- und Wurzelrinde ist bisher am häufigsten bei Äpfeln beobachtet worden. Pflaumen leiden seltener. Ähnliche Vorgänge, die ein Abplatzen grofser Borkenschuppen zur Folge haben, sind bei Ulmen und Rüstern gefunden worden und werden bei den Wachstumsstörungen der Moorböden abgehandelt werden.

In Figur 23 sehen wir ein Stück Apfelwurzel in natürlicher Gröfse. Dessen Rinde ist durch verschiedene grofse Querrisse mit zurückgeschlagenen Rändern zerklüftet, und die aufgebrochenen Stellen sind mit ockerfarbigem Pulver oder (bei frischem Herausnehmen aus der Erde) mit weichen, feuchten, braunen Massen bedeckt.

Figur 24 stellt den Querschnitt durch eine solche Schwiele dar.

Wir finden den Holzkörper (*c* ist die Cambiumzone) von meist normalem Bau, durchzogen von den Markstrahlen (*m*), die der Mehrzahl nach keinerlei Abweichung zeigen. Nur bei einzelnen (*m'*) fällt es auf, daſs sich dieselben in ihrem jüngeren Teile zu verbreitern beginnen und dadurch einen lockerern Bau einleiten. Dieser Lockerungsvorgang findet aber erst in der Rinde seinen deutlichen Ausdruck, indem dort die Reihen der Markstrahlzellen ösenartig auseinanderweichen können.

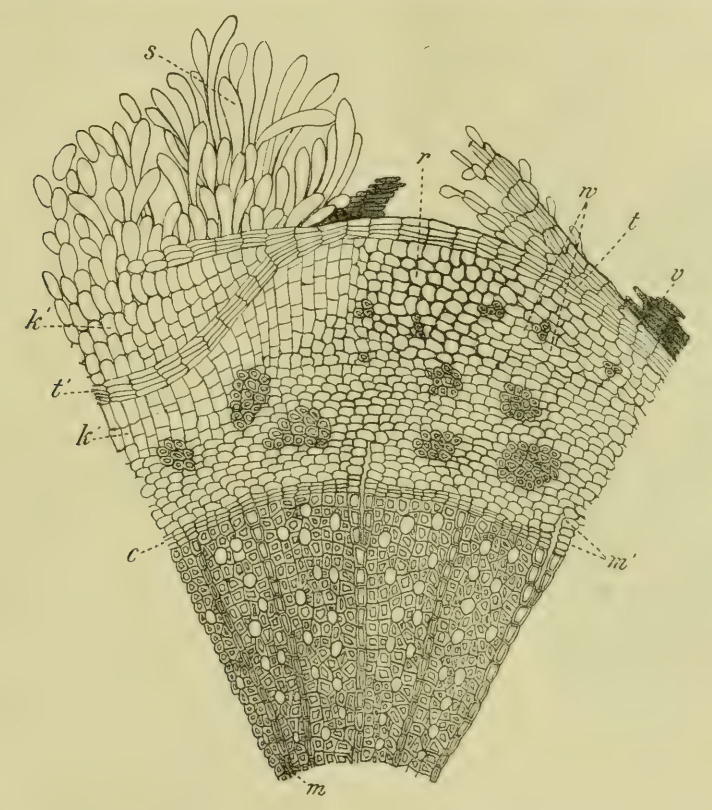


Fig. 24. Querschnitt durch eine lohkranke Stelle der Apfelwurzel. (Orig.)

Während die junge Innenrinde mit ihren Hartbaststrängen noch keine Änderung des normalen Baues zeigt, lassen die älteren Schichten (auf der linken Seite des Bildes) eine Verarmung des Zellinhalts und radiale Streckung (*k'*) erkennen. Die Überverlängerung des Rindenparenchyms wird um so stärker, je weiter die Zellen nach auſsen liegen, und sie steigert sich innerhalb der Korkzone derart, daſs die frei an der Oberfläche liegenden Zellen eine schlauchartige Gestalt (*s*) annehmen und nur noch ganz lose miteinander in Verband stehen.

Wenn die Wurzeloberfläche abtrocknet, schrumpfen die Zellschläuche und lösen sich dabei in ihren äuſseren Schichten gänzlich voneinander. Dann bildet sich die lohfarbige, pulverige Masse, welche mit dem Finger abwischbar ist. Auch die Lamellen von Tafelkork (*t*), welche an der Peripherie in dicken (bei normalem Verhalten gleich-

mäfsigen) Schichten vorhanden sind und von aufsen her allmählich absterben und zerfallen (v), werden an der lohkranken Stelle in den Lockerungsprozefs hineingezogen. Sie spalten sich, indem einzelne Mittelschichten ihre Zellen abrunden und die Neigung zeigen, den Bau des Füllkorks anzunehmen, wie später bei der Kirsche eingehender beschrieben werden soll.

Wenn die Rindenwucherung an der Peripherie und die Entleerung des Zellinhalts ihren höchsten Grad erreicht haben, treten die bekannten uhrglasförmigen Tafelkorklagen auf (t'), welche das schliefslich verkorkende hypertrophierte Rindenparenchym abschneiden und zum Bestandteil der Borkenschuppe werden lassen. Der Zellstreckungsvorgang schreitet mittlerweile seitlich und nach innen hin weiter fort. So sehen wir bei w bereits die ersten Anfänge, indem die normalerweise tangential gestreckten Rindenzellen im Querschnitt quadratisch werden und durch Teilung an Zahl zunehmen, um sich nach der kranken Seite hin mehr abzurunden, durch Vergröfserung der Intercellularräume sich zu lockern (r) und schliefslich in die Radialstreckung überzugehen, die bis zum schlauchartigen Auswachsen sich steigert.

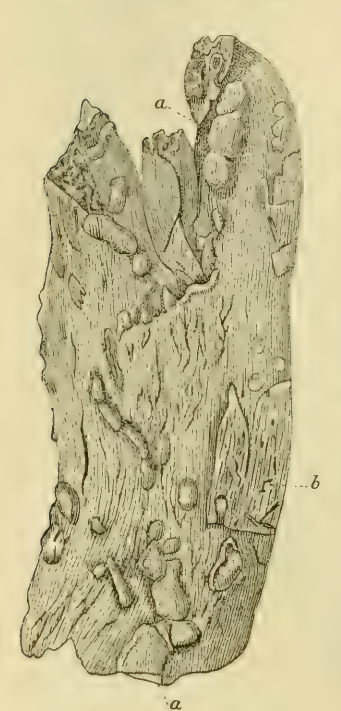


Fig. 25. Rindenstück eines lohkranken Apfelstammes. *a* die Schwielen der Lohkrankheit, *b* Rest der trockenen, das Ganze überdeckenden Borkenschuppen. (Orig.)

Durch dieses Zurückgreifen des Überverlängerungsvorganges in immer jüngere Rindenparenchymlagen wird endlich die Tätigkeit der Wurzel an den lohkranken Stellen erschöpft.

An den oberirdischen Achsen ist die Beschädigung nicht so intensiv. Bei stärkeren Stämmen wird man bisweilen auf die Erscheinung erst aufmerksam, wenn man die Borke genauer betrachtet und findet, dafs einzelne Borkenschuppen sparrig abstehen. Hebt man dieselben ab, was auffällig leicht vonstatten geht, dann bemerkt man, dafs das noch saftige Rindengewebe in seinen äufsersten Lagen unregelmäfsige, blasige Erhebungen bildet, welche später aufreifsen und in staubförmige, bei trockenem Wetter abwischbare Massen zerfallen. Figur 25 stellt die frische Rindenfläche eines Apfelbaumes dar, die durch Abheben der äufseren Borkenschuppen b blofsgelegt worden ist.

Auf der grünbraunen saftigen Fläche treten nun die halbkugeligen oder gestreckten, schwielenartigen Erhebungen (a) deutlich hervor. Figur 26 stellt den Querschnitt einer solchen beuligen Auftreibung dar, bei welcher aber Holzkörper, Cambium und jüngste Innenrinde nicht gezeichnet worden sind. Wir erkennen auf den ersten Blick die Übereinstimmung im Bau mit der Lohstelle der Wurzel. An dem unteren Teil der Figur finden wir das Rindenparenchym mit den drei Hartbaststrängen noch in normaler Ausbildung und Lagerung; aber schon dicht über den Hartbastbündeln wird eine Umlagerung bemerk-

bar, indem die tangential gestreckten, chlorophyllreichen Rindenzellen anfangen, sich radial zu verlängern (*r*), sich zu teilen und in parallelen, durch grofse Intercellularräume (*i*) gelockerten Längsreihen sich anzuordnen. Dafs diese Gewebeveränderung schon sehr früh, sogleich bei dem Heraustreten aus der Cambiumzone stattgefunden haben mufs, geht daraus hervor, dafs sich die Dauergewebeform des Collenchyms (*cl*) nur einschichtig innerhalb des Wuchergewebes hat ausbilden

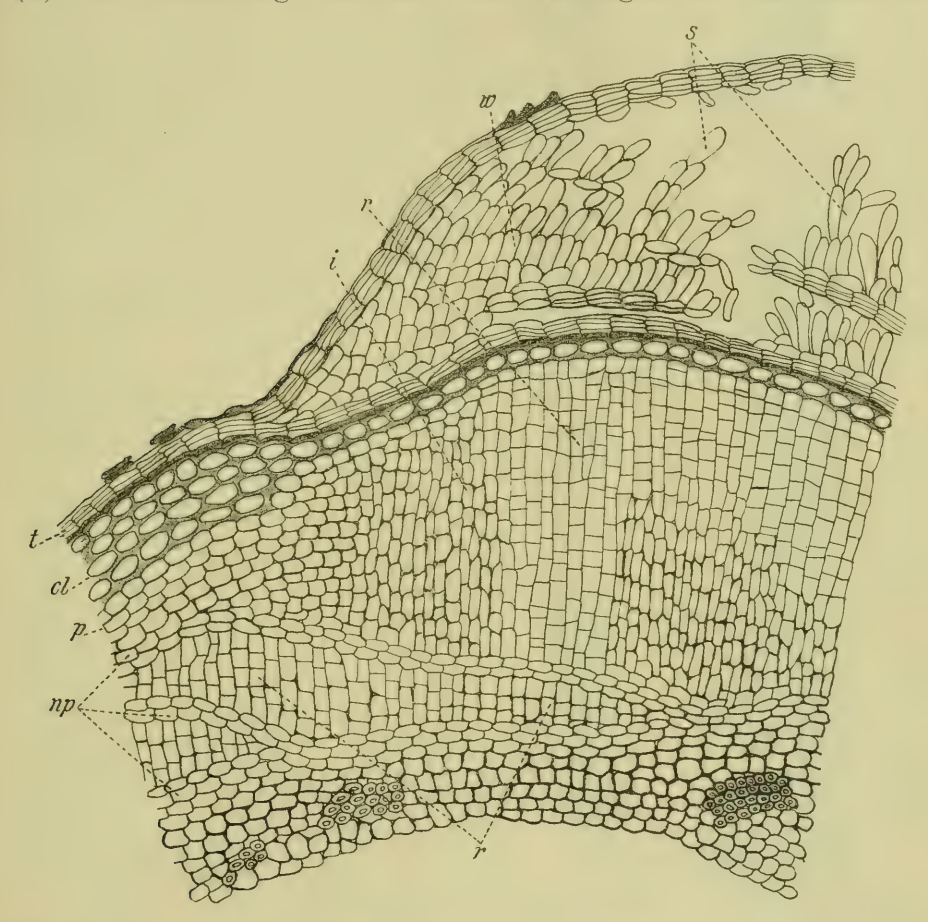


Fig. 26. Lohkranke Stelle am Apfelstamm. (Orig.) Buchstabenerklärung im Text.

können. Den Hauptanteil an der Auftreibung aber haben die peripherischen Schichten, die sich zu Polstern (*w*) gestreckter, schliefslich schlauchförmiger (*s*) Zellen ausgebildet und die tafelkorkartigen Zelllagen (*t*) in die Höhe gehoben und endlich zersprengt haben.

Bei der Deutung dieser Erscheinung dürfen wir nicht vergessen, dafs diese Lohstellen unterhalb der alten Borkenschuppen entstehen und unter Ausbildung von Füllkork selbst wieder durch Verkorkung zu Borkenschuppen werden. Dabei sehen wir, dafs die Gliederung der Rinde in abgeschnürte und abschnürende Zelllagen, wie sie in den Borken abwechseln, schon im jugendlichen Rindengewebe angelegt wird.

Denn wir finden, dafs sich im jungen, frischen Rindengewebe Querbänder tafelförmiger, in Inhalt und Bau der Wandung abweichender Zellen in geschwungenen Linien (*np*), durch das hypertrophierte, anfangs stärkeführende Gewebe hindurchziehen.



Fig. 27. Einjähriger und zweijähriger Kirschenzweig mit Lohpolstern zwischen den zerschlitzten Rindenstreifen. (Orig.)

Diese gestaltliche und funktionelle, die Borkenschuppenbildung bedingende Gliederung des Rindenparenchyms ist auch bei anderen Baumrinden zu finden, tritt aber, soweit ich beobachtet, erst in den älteren Achsen auf, bei denen das Rindenparenchym durch den Druck der aufgelagerten Borkenschuppen bereits beeinflufst wird. Ich habe deshalb diese Streifen tangentialer Zellen (*np*), die später verkorken, manchmal auch noch Tafelkork entwickeln und die Borkenschuppen herausschneiden, als „Druckbänder" bezeichnet.

Die Lohkrankheit an jungen Zweigen hatte ich Gelegenheit, bei Kirschen zu studieren, und zwar in einem nassen Sommer an jungen, sehr kräftigen Bäumen einer Baumschule. Fig. 27 zeigt, dafs an diesen Kirschzweigen die Oberhaut zerschlitzt oder in breiten, unregelmäfsigen Streifen (*e*) aufgerissen ist. An den aufgeplatzten Stellen war eine intensiv ockergelb gefärbte Masse (*f*) erkennbar, die bei stärkerer Erschütterung durch Anschnellen pulverig verstäubte. Der Gesamteindruck dieser Triebe war so, als ob dieselben äufserst stark mit einem Rostpilze bedeckt wären.

Die ersten Anzeichen der Erkrankung traten im Juli auf, indem mitten zwischen normal wachsenden Stämmen einzelne Exemplare ihre Blätter gelb färbten und abwarfen. Trotzdem entwickelte die Endknospe der Zweige einen kräftigen Augusttrieb, der bis zum Herbst den gröfsten Teil seines Laubes behielt. Im September zeigte sich, am ältesten Teil des Triebes beginnend und nach der Spitze hin an Intensität abnehmend, das vorerwähnte Aufplatzen der äufseren Rindenumkleidung und das Hervortreten der ockergelben sammetartigen Flächen. Bemerkenswert ist ferner der Umstand, dafs fast nur die üppigen Wildlinge erkrankt erschienen; bei veredelten Exemplaren waren die Erscheinungen der Lohe nur spärlich bemerk-

bar. Sodann zeigte sich, daſs die Zweige, soweit sie noch ihre Blätter behalten hatten, wenig aufgerissene Rindenstellen, sondern nur geschlossene, schwielige Auftreibungen, also jüngere Stadien besaſsen. An den zwei- und mehrjährigen Achsenteilen erkrankter Bäume kamen aufgerissene Rindenstellen (*r*) seltener vor; meist traten dort die einzelnen Herde als sehr breite, querverlaufende, auffallend hohe, ockergelb gefärbte Lenticellenpolster hervor.

Die Untersuchung dieser Polster und der breiten, aufgerissenen, abfärbenden Flächen am einjährigen Zweige lieſs sofort eine groſse Übereinstimmung mit den älteren erkennen; nur konnte nicht beobachtet werden, daſs die Lenticellenpolster stäubten. Die abfärbenden Massen erwiesen sich als hellbraune, zylindrische, faltige Korkzellen mit abgerundeten Ecken, die einzeln oder in kleineren Gruppen sich ablösten.

Die stäubenden Zweige zeigen sich mit wenigen Ausnahmen sonst gesund; nur ist ihre Primärrinde durch beträchtliches Auseinanderweichen der Parenchymzellen sehr gelockert. Ebenso wie in der Rinde finden sich auch im Holzkörper Stellen von gelockertem Bau. In der Region, die ungefähr gegen Mitte des Sommers entstanden ist, bemerkt man Querbinden von gefäſslosem Parenchymholz, das mit Stärke vollgepfropft ist, während das normal gebaute Holz mit Ausnahme der Markstrahlen stärkelos ist. Innerhalb der Querbinden sind die Markstrahlen erweitert und zeigen hier Gummiherde.

Die ersten Anfänge der Lohbildung findet man bereits dicht unter der Gipfelknospe am obersten Zweiggliede, wo die Epidermis noch unverletzt, aber doch schon durch eine etwa fünfschichtige Korklamelle unterlagert ist. Diese aus verhältnismäſsig dickwandigen Zellen bestehende, dem Tafelkork entsprechende Schutzschicht zeigt gleich bei ihrer ersten Anlage stellenweise insofern eine Änderung, als die unmittelbar unter der Epidermis liegenden Zellen sich zu parallel gestellten Reihen zylindrischer, radial gestreckter, braunwandiger Füllkorkzellen ausgebildet haben. Es liegt also hier der Charakter des Lenticellenbaues vor, den Stahl[1]) bei der Kirsche bereits eingehend beschrieben hat, und der nur insofern von der Stahl'schen Beschreibung abweicht, als hier die Füllkorkpolster selten unter einer Spaltöffnung entstehen.

Daſs eine reichliche Füllkorkbildung bei der Anlage einer Tafelkorkschicht unabhängig von den Spaltöffnungen erfolgen kann, sieht man hier, indem nun mehrschichtige Lenticellen entstehen, bei denen die Korkbildung tief in die Primär- und sogar in die Sekundärrinde rückwärts hineingreift.

Mit dem Älterwerden des diesjährigen Triebes tritt ganz normal eine zweite Tafelkorklage unmittelbar unter der erstentstandenen auf; sie ist ebenso stark (nämlich 5—7 Zellen hoch) gefunden worden wie die erstangelegte, deren Zellen allmählich unter anscheinend geringer Quellung und Bräunung der Membranen zusammensinken. Durch diesen Vorgang erscheint die normale Korkbekleidung des Kirschzweiges in zwei Schichten differenziert. Die obere, ältere ist sehr dicht, da die Zellen meist derart zusammengesunken sind, daſs ihr Innenraum nur als feiner Strich erkennbar ist; diese Schicht geht allmählich in die zweite, nachgebildete Korklage über. Bei letzterer sind die tafelförmigen Zellen sehr gleichartig und ihr weites Lumen mit wässerigem Inhalt oder auch mit

---

[1]) Stahl, Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Lenticelle Bot. Z. 1873. Nr. 36.

Luft erfüllt; sie grenzen an eine gebräunt erscheinende Zelllage mit deutlich plasmatischem Wandbelag, welche als Korkcambium die stellenweise eintretende Fortbildung der Korkschicht übernimmt. Die älteste, zusammengesunkene, braune Korklage wird bei Behandlung mit Schwefelsäure deutlicher in ihrer Zusammensetzung erkennbar, da sich vielfach die Zellen dehnen und stellenweis ihre ursprüngliche Höhe und Weite, bisweilen fast quadratischen Querschnitt zeigen, während die Füllkorkzellen sich nicht verändern. Die später entstandene Schicht wölbt bei dieser Behandlung nach Zerstörung des Korkcambiums ihre jüngsten Korkzellen halbkuglig vor.

Bei der Anlage der mehrschichtigen Lenticellen wiederholt sich nun unterhalb des ersten Füllkorkherdes die Bildung derartiger Elemente in der sekundären Korklage.

Der zweite Fall der Lenticellenbildung ohne Zusammenhang mit Spaltöffnungen ist hier in Fig. 28 abgebildet. Dieselbe stellt den Querschnitt einer Neubildung auf einem geschälten Kirschenstamm dar. Wir haben uns vorzustellen, dafs das ganze hier dargestellte Gewebe in Form einer berindeten Schwiele dem alten, von der Rinde entblöfsten Holzzylinder aufsitzt.

Indem wir betreffs der anatomischen Vorgänge, welche zur Bildung dieses neuen Gewebes auf dem blofsgelegten Holzkörper führen, auf das Kapitel „Wunden" (Schälwunden) verweisen, erwähnen wir hier nur die Tatsache, dafs, wenn man zu bestimmter Zeit einem Baume die Rinde fortnimmt, das nunmehr freigelegte, jüngste Splintholz wieder in Vermehrung treten und die Wundfläche mit einer parenchymatischen Gewebeschicht bekleiden kann. Dieser Parenchymmantel vermehrt sich durch späteres Auftreten einer ständigen Meristemschicht im Innern, und diese wird zum normalen Cambium, das nach innen Holz und nach aufsen Rindenelemente anlegt.

Fig. 28 ist eine mehrere Monate alte Neubildung, die in Form einer breiten, lappigen Schwiele auf dem Splintholz eines experimentell geschälten Süfskirschenstammes sich angesetzt hat. Der alte Holzkörper des geschälten Stammes ist in der Zeichnung fortgelassen worden; er würde an *hp* anstofsen. Das aus seinem Splint hervorgegangene Gewebe hat sich durch Auftreten der Cambiumzone *c* scharf in einen Holz- und Rindenkörper differenziert. Der Holzkörper ist an der Stelle, an welcher er dem alten Stamme aufsitzt, parenchymatisch gebaut; erst später geht dieses Parenchymholz *hp* in gefäfsführendes, Libriformfasern ausbildendes Neuholz *nh* über. Entsprechend der erst allmählich zum normalen Bau gelangenden Holzbildung ist auch der Rindenaufbau anfangs unregelmäfsig, indem die Hartbastkörper zunächst in Form einzelner, weitlumiger, kurzer Elemente *hb* angelegt werden und erst später aus dem Cambium als zusammenhängende Gruppen faserartig gestreckter Elemente *hb'* hervorgehen[1]).

---

[1]) Nebenbei sei auf die mit der Lohkrankheit in keinerlei Verbindung stehende, aber in der Zeichnung wiedergegebene Bildung von Knollenmaseranfängen (*B*) hingewiesen. Es entstehen nämlich bei lokaler Anhäufung plastischen Materials, wie z. B. bei Neubildungen in der Nähe von Wunden bei verschiedenen Bäumen (Kirsche, Apfel, Birne, Kiefer) isolierte Holzkörper in der Rinde. Als Zentrum derartiger Holzbildungen von kuglig-schwielenförmigem Bau erkennt man sehr häufig eine oder mehrere Hartbastzellen.

Der Fall, dafs (namentlich erkrankte) Hartbastzellen umwallt werden, ist bei Verwundungen des verschiedensten Ursprungs ein sehr häufiges Vorkommnis. Die Umwallung besteht meistens nur aus einem mehrschichtigen Mantel tafelförmiger

Der Rindenkörper der Neubildung hat in seinen peripherischen Parenchymschichten eine schützende Korklage *k* ausgebildet, die allmählich zu gröfserer Mächtigkeit gelangt ist. Anfangs war nur Tafelkork angelegt worden; später haben sich an einzelnen Stellen Füllkorkmassen *lk* statt der Tafelkorkzellen entwickelt, welche die aus letzterer Zellform gebildete Decke *k* zersprengt und durch ihre rückwärtsgreifende Vermehrung das Korkcambium *kk* tief nach innen gedrückt haben.

Der Beginn der Füllkorkbildung fiel in die Zeit, in der die ganze Schälstelle zwecks anderweitiger Untersuchungen in einen Glaszylinder

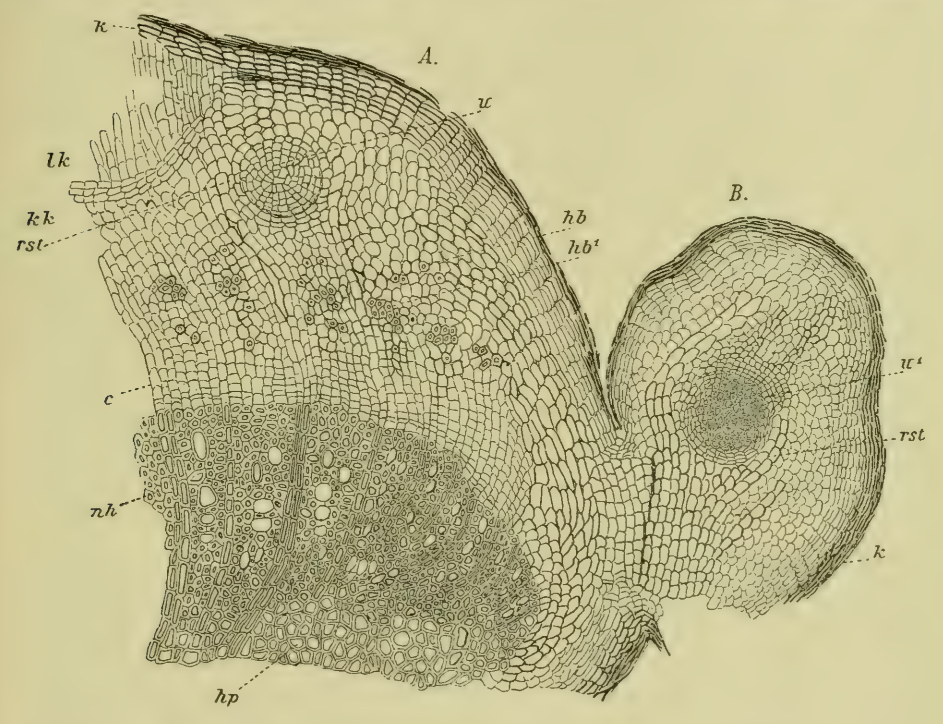


Fig. 28. Neugebildeter Holz- und Rindenkörper auf einer Schälwunde eines Kirschenstammes. Die Rinde zeigt Lenticellenwucherung. (Orig.)

mit Wasser eingeschlossen wurde. Während diese aus dem Phellogen hervorgegangene Lenticellenwucherung bei dem in der Luft belassenen Teile der Schälstelle nur schwach bemerkbar war, hatte sie unter Wasserverschlufs eine ungewöhnliche Üppigkeit erlangt.

Die Lohkrankheit der Kirsche ist also eine abnorme Steigerung des normalen Lenticellenbildungsvorganges; es entstehen so zahlreiche

---

Korkzellen. In einzelnen Fällen aber bildet sich an Stelle eines bald erlöschenden Korkcambiums eine dauernd tätige Cambiumlage aus, welche nach innen Holzelemente, nach aufsen Rindenelemente anlegt. Ein solcher Fall ist in der schwielenartigen Gewebewucherung *B* bei *u'* dargestellt, während bei *u* im linken Teil der Figur (*A*) nur eine Korkumwallung um eine der erstentstandenen, isolierten Hartbastzellen zu sehen ist. Um diese Neubildungen weichen die Rindenstrahlen *rst* wie um einen fremden Körper zu beiden Seiten aus.

und ausgebreitete Füllkorkpolster dicht nebeneinander, dafs dieselben miteinander verschmelzen, die Epidermis in zusammenhängenden, gröfseren Fetzen abstofsen und als gleichmäfsige, einen grofsen Teil des Zweigumfanges bekleidende, sammtige Fläche zutage treten. Die äufseren Lagen der Füllkorkpolster sind so locker, dafs die peripherischen Zellen bei trockner Luft durch geringe Stöfse aus ihrem Verbande sich lösen; daher das Abfärben der lohkranken Stellen bei Berührung mit dem Finger und das Stäuben der Zweige bei stärkerer Erschütterung. Die Verstäubung ist um so gröfser, je mehr Füllkorkzellen übereinanderliegen, und es sind Polster beobachtet worden, die aus 20 Zellen hohen Parallelreihen von Füllkork bestanden. In diesem Falle hatte der Streckungsvorgang die primäre Phellodermschicht in ihrer ganzen Dicke erfafst, so dafs die später gebildete, zweite Füllkorklage sich unmittelbar darunter anschlofs, also eine trennende Tafelkorklamelle zwischen den einzelnen Generationen nicht übrig blieb.

Die Entstehung der Lohkrankheit wird auf grofsen Wasserreichtum des Rindenkörpers zurückgeführt werden müssen. Dieser lokale Wasserüberschufs wird einerseits durch reichliche Wasserzufuhr zu den Wurzeln besonders kräftig wachsender Individuen, anderseits durch geringere Verdunstungsfähigkeit der Rinde infolge gröfserer Luftfeuchtigkeit hervorgebracht werden können. Dafs solche Verhältnisse bei der Kirsche zur Lenticellenwucherung führen, beweist einerseits die experimentell erzeugte Füllkorkanhäufung bei der unter Wasser gehaltenen Schälstelle und ferner eine Beobachtung an den natürlich erkrankten Exemplaren. Dort fand sich an den jüngsten, noch beblätterten Internodien, dafs gerade diejenigen Stellen, in denen die Rinde Falten bildete, bevorzugte Herde für die Korkwucherungen waren. Solche Falten entstanden z. B. an den Orten, wo die Gefäfsbündel für das Blatt aus dem Achsenzylinder heraustraten und die Rinde bei dem Übergang in den Blattstiel vorwölbten.

Es liegen aufserdem noch einige andere Beobachtungen vor, welche für die Begünstigung der Lenticellenbildung durch gröfsere Feuchtigkeit infolge verminderter Verdunstung sprechen. So erwähnt Stapf[1]) bei seinen Studien über die Kartoffelpflanze, dafs sich die Spaltöffnungen zu Lenticellen entwickeln, wenn die Transpiration aufgehoben wird. Ferner fand Haberlandt[2]), dafs bei horizontalen Zweigen verschiedener Bäume (Linde, Ulme, Gleditschie u. a.) die Lenticellen an der Unterseite stets zahlreicher als an der Oberseite auftraten, obgleich eine Zählung der Spaltöffnungen auf beiden Seiten annähernd dieselbe Menge erkennen liefs. Die dem Erdboden zugeneigte Zweigunterseite wird sicherlich bei der gröfseren Nähe des Erdbodens und der geringeren Luftzufuhr eine geringere Transpiration als die Oberseite besitzen.

Die Lohpolster bei den Pflaumenbäumen stimmen im wesentlichen mit den bei Kirschbäumen beobachteten überein. Sie sind bisher nur an alten, wurzelkranken Exemplaren beobachtet worden. Von Aprikosen sind mir nur Anfangsstadien bekannt geworden. Bei allen

[1]) Stapf, Beiträge zur Kenntnis des Einflusses geänderter Vegetationsbedingungen usw. Verh. d. Zool.-Bot. Ges. Wien; cit. Bot. Jahresb., VI. Jahrg., Abt. I, S. 214.

[2]) Haberlandt, Beiträge zur Kenntnis der Lenticellen. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Bd. LXXII, Abt. I, Juliheft 1875.

Steinobstsorten waren die Korkwucherungen von starken Lockerungsvorgängen in der Rinde, die zum Teil Verschiebungen der Baststränge nach aufsen zur Folge hatten, begleitet. Im jungen Holz bemerkte man mehrfach auch da, wo die Lohkrankheit nicht zum Ausbruch gekommen, einen schwach ausgebildeten Holzring und Reduktion der Hartbastbündel auf einzelne weite, mit braunrotem, gummösem Inhalt erfüllte Bastzellen. Spuren von Gummosis fehlten nirgends; bisweilen fanden sich reichliche Gummiherde. Bei Kirschen liefs sich von nebeneinander gebauten verschiedenen Sorten eine besondere Neigung einzelner Sorten zur Lohkrankheit erkennen, so z. B. bei der „Schwarzen Herzkirsche“ und bei „WINKLER's weifser Herzkirsche“.

Sämtliche Fälle, die ich kennen gelernt, stammen von schweren Böden oder moorigen Wiesen; bei einzelnen erklärten die Einsender, dafs die erkrankten Bäume eine Stallmist oder Jauchedüngung erhalten hatten. Diese Angaben im Vereine mit dem anatomischen Befunde veranlassen mich, die Lohkrankheit als eine Folge übermäfsiger Wasserzufuhr aus dem Boden zu erklären bei Bäumen, die, in kräftigem Wachstum begriffen, eine Störung derart erleiden, dafs die Verdunstung der Krone zur Fortschaffung des Wasserüberschusses nicht mehr ausreicht. Eine Depression der Laubtätigkeit oder ein teilweiser Laubverlust durch atmosphärische Einflüsse oder Baumschnitt werden vorzugsweise in Betracht kommen. Diese Korkwucherungen und Lockerungserscheinungen im Rinden- und Holzkörper treten auch bei gesunden Bäumen in entsprechenden Standortsverhältnissen auf, steigern sich aber in der Lohkrankheit zur extremen Äufserung.

Die Gegenmittel ergeben sich von selbst. Hauptsächlich wird ausgiebige Bodendurchlüftung einen Erfolg versprechen.

Die Ringelkrankheit der Rotbuche.

Nach der Schilderung, welche TH. HARTIG[1]) gibt, ist die in der Überschrift genannte Krankheit, die ich aus eigner Anschauung nicht kenne, hierher zu ziehen. In einem Buchenorte von 20jährigem Alter sah HARTIG viele Stangen von 1—2 m über dem Boden bis zum Gipfel in Abständen von 30 bis 100 cm mit einem fast ringförmigen, etwas spiralig auseinanderlaufenden Wulste von der Dicke einer Federspule umgeben. Diese Wülste erwiesen sich als Überwallungserscheinungen von Wunden, welche ursprünglich durch Lenticellenwucherung veranlafst worden waren. Die Korkbildung hatte dabei rückwärts immer tiefer in die Rinde hinein um sich gegriffen, bis sie den Holzkörper erreicht hatte. Dadurch war für ein bis zwei Jahre die Holzbildung an diesen Stellen vollständig unterbrochen worden. Ein erkennbarer Schaden der Krankheit, welche nur in sehr gutwüchsigen Stangenorten und dort wieder besonders an Stämmen erster und zweiter Klasse aufgetreten, liefs sich nicht konstatieren.

Wurzelerkrankung der echten Kastanien. (Mal nero.)

Die in Frankreich häufige Krankheit äufsert sich nach DELACROIX[2]) am auffallendsten in nassem, undurchlässigem Boden und bei ge-

---

[1]) HARTIG, TH., Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen, S. 211. Berlin 1852.

[2]) DELACROIX, G., La maladie des châtaigniers en France. Bull. soc. mycol. de France XIII, 1897, S. 242.

pfropften Bäumen. Die Blätter verlieren ihre dunkelgrüne Farbe, und die Zweige beginnen an den Spitzen zu vertrocknen. Die Früchte werden nur unvollkommen reif und bleiben in der sich öffnenden Cupula sitzen. Delacroix fand die Mykorhizen an den feinen Wurzeln krankhaft verändert, und zwar nehmen dieselben, wie er glaubt, aus Mangel an Humus einen parasitären Charakter an. Das Mycel steigt dann in den stärkeren Wurzeln in die Höhe bis zum Wurzelhals und im Stamm aufwärts bis zu den Zweigen. Aus den Wurzel- und Stammwunden erfolgt ein gerbstoffhaltiger Ausfluſs. In diesem Schwächezustande bieten die Bäume einen geeigneten Ansiedlungsherd für andere Parasiten, wie z. B. *Polyporus sulfureus* und *Armillaria mellea* sowie *Sphaerella maculiformis.*

Der Grund, weswegen ich die Krankheit an dieser Stelle einreihe, liegt in den Ergebnissen einer eingehenderen Untersuchung, die ich mit Material aus Rennes anzustellen Gelegenheit hatte. In dem von Herrn Crié gesandten Begleitschreiben wird mitgeteilt, daſs das absterbende Astholz beim Zerbrechen oder Ablösen der Rinde einen Gärung anzeigenden Geruch habe, und er vermute eine Umsetzung des Tannins, wobei Glykose und Alkoholgärung auftreten. Die eingesandten Zweigproben waren reich mit Flechten besetzt, und die Blätter zeigten tief in die Intercostalfelder hineingreifende, vom Rande ausgehende Bräunung.

Maſsgebend werden die Wurzeln, die ein holperiges Aussehen haben, da sehr zahlreiche, verschieden groſse, abgeflacht halbkuglige, schwarze, harte Polster die Oberfläche bedecken. Nach Behandlung mit Kalilauge, wobei das austretende flockige Tannin weinrot bis braun gefärbt wird, zeigen die Querschnitte, daſs es sich um Rindenauftreibungen handelt, die noch von der normalen Korklage gedeckt sind. Die Primärrinde hat parenchymatische Wucherungen entwickelt, deren in fächerförmigen Reihen angeordnete Zellen farblose, in Schwefelsäure anscheinend schwer lösliche Wandungen und einen braunen, sehr festen Inhalt besitzen. Diese Rindenauftreibungen werden später von einer uhrglasförmigen, von der äuſseren Korkschicht abgehenden Tafelkorklamelle abgeschnitten und durch die nachwachsende Innenrinde über die Wurzeloberfläche als Schwiele emporgetrieben. Die gesunde Rinde ist vollgepfropft mit Stärke.

Bei dem eingesandten Material hatten auch die Zweige etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ mm breite, abgeflachte, halbkugelige, nur sehr wenig hervortretende Erhebungen der Rinde. In diesen zeigte sich der Anfang von mehrschichtiger Lenticellenwucherung, wie solche in ausgedehntem Maſse bei den lohkranken Kirschen zu beobachten gewesen. Die an den Zweigen noch festsitzenden Blätter deuteten in ihrer Beschaffenheit bereits die Wurzelerkrankung an. Sie zeigten eine vom Rande nach der Mittelrippe hin in den Intercostalfeldern fortschreitende Bräunung und Vertrocknung des Parenchyms. Dasselbe war schlieſslich nur in der nächsten Nähe der Rippen noch grün. Die auf den kranken Blättern auftretenden schwarzen, gelb umsäumten, zerstreut stehenden, rundlichen Flecke, welche verschiedene Pilzansiedlungen enthielten, müssen als sekundäre Erscheinungen betrachtet werden. Der Befund an den Zweigen im Verein mit den Auftreibungen des Wurzelkörpers bringt die Krankheit, die uns von Crié als „*Mal nero*“ bezeichnet wurde, in die Gruppe der Lohkrankheiten. Demgemäſs würde die Auswahl faseriger oder gut gekrümelter Böden, welche beständig reichliche Bodendurchlüftung gewähren, das beste Vorbeugungsmittel gegen die Krankheit sein.

Der Wurzelbrand der Zucker- und Futterrüben.

Als Wurzelbrand bezeichnen wir eine Gewebeerkrankung, die sich schon einstellen kann, wenn die jungen Pflänzchen die Kotyledonen entfalten oder die ersten Blättchen auszubreiten beginnen. Es erscheint unterhalb der Keimblätter am Stengelchen eine schwarze Stelle, die nach dem Wurzelende hin (weniger nach den Kotyledonen zu) an Ausdehnung gewinnt und einsinkt. Selbst wenn die junge Keimpflanze noch nicht einmal die Bodenoberfläche erreicht hat, kann die Erkrankung in den ersten Anfängen bereits kenntlich werden. Vaňha beobachtete dabei ein Glasigwerden des Gewebes, bevor dasselbe in Bräunung überging. Die Pflänzchen beginnen zu welken und knicken meist an der kranken Stelle um. Alsbald erfolgt dann der Tod. Wenn die Krankheit auf eine kurze Stengelstrecke des hypokotylen Gliedes beschränkt bleibt und das Pflänzchen nicht umfällt, kann sich die eingesunkene Stelle ausheilen und ein normales Weiterwachsen eintreten. Wegen der Schwärzung der kranken, oftmals fadendünn zusammenschrumpfenden Stelle unterhalb der Keimblätter bezeichnen die Praktiker die Erscheinung auch als „schwarze Beine“ oder „Zwirn“. Dieselbe Bezeichnung wird bei dem Schwarzwerden und Erweichen des hypokotylen Gliedes unserer Kohlgewächse ebenfalls angewandt, beruht aber auf anderen Verhältnissen.

Bemerkenswert ist, dafs bei ausgelegten Rübensamen zwar oft ganze Büschel von Pflänzchen erkrankt sich zeigen, dafs aber doch der Fall gar nicht selten ist, dicht neben den erkrankten auch ganz gesunde und gesund bleibende Sämlinge zu finden. Ferner ist hervorzuheben, dafs die Krankheit gleichzeitig auf allen Stellen eines Feldes gefunden wird, welche überhaupt die Erkrankung zur Entwicklung gelangen lassen, und dafs in der Regel mitten in erkrankten Äckern einzelne Flecke verschont bleiben. Mit dem Älterwerden der Pflanzen hört der Wurzelbrand auf. Die ausgeheilten Pflanzen pflegen allerdings gegenüber den gesund gebliebenen an Gröfse und Zuckergehalt nachzustehen und Neigung zu Vielschwänzigkeit und anderweitigen Verkrüppelungen zu zeigen. Stoklasa[1]) hebt hervor, dafs nicht alle Sorten gleich empfänglich für Wurzelbrand sind.

Die Krankheit kennt man seit Ausbreitung des Rübenbaues in den dreifsiger Jahren des vorigen Jahrhunderts und, nach Stift[2]), begann 1858 bereits auf einer Versammlung der Rübenzuckerfabrikanten des Zollvereins die Diskussion über die Ursache der Erscheinung. Von seiten praktischer Rübenzüchter wurde damals die Ansicht ausgesprochen, dafs die physikalische Bodenbeschaffenheit, nämlich die zu grofse Festigkeit der Erde die Schuld trage. Man hob hervor, dafs der Wurzelbrand nur da gefunden wird, wo der Boden oberflächlich fest geworden und nicht gelockert wurde; daher wäre fleifsiges Hacken zu empfehlen.

Als die Wissenschaft sich der Frage bemächtigte, war die Parasitentheorie bereits im aufsteigenden Aste ihrer Entwicklung. Zunächst gab Julius Kühn 1859 der Ansicht Ausdruck, dafs der Moosknopfkäfer (*Atomaria linearis* Stephn.) Frafsstellen erzeuge, welche den Wurzel-

---

[1]) Stoklasa, Jul., Wurzelbrand der Zuckerrübe. Centralbl. f. Bakteriologie. II. Abt., 1898, S. 687.

[2]) Stift, Anton, Die Krankheiten der Zuckerrübe. Wien 1900. Verlag des Centralver. f. Rübenzuckerindustrie.

brand einleiteten. Ich habe Ähnliches beobachtet[1]). Auch die Tausendfüfsler und ähnliche Tiere wurden als Ursache herangezogen. Diese für eine längere Reihe von Jahren herrschende Ansicht wurde erst erschüttert, als HELLRIEGEL fand, dafs die Krankheit ohne tierische Beschädigungen entstehen könne und in vielen Fällen schon von den Knäueln ausginge. Infolgedessen empfahl dieser Forscher ein zwanzigstündiges Einweichen der Rübenknäule in eine einprozentige Karbolsäurelösung[2]). Als eine spezielle Pilzkrankheit spricht zu ungefähr derselben Zeit KARLSON die Erscheinung an und hebt dabei hervor, dafs nur schwächliche Exemplare dem Wurzelbrande erliegen. Pflänzchen aus sehr gutem Saatgut oder durch energisches Wachstum sich kräftigende Sämlinge würden von den schon im Samenknäuel mitgebrachten Pilzen nicht bewältigt[3]). Die aufser mit Karbolsäure auch mit Kupfervitriol vorgenommenen Beizversuche liefsen eine Verminderung des Wurzelbrandes erkennen. Trotz dieser nicht ungünstigen Erfahrungen mit dem Beizen legt KARLSON doch das Hauptgewicht auf die Anzucht besonders kräftiger Sämlinge und macht unsere jetzige Kulturmethode, die nur auf die Gewinnung grofser Mengen von Samen hinziele und die Qualität vernachlässige, für die Ausbreitung des Wurzelbrandes verantwortlich[4]).

Die Theorie der Samenbeize wurde von WIMMER, dem Mitarbeiter HELLRIEGEL's, weiter ausgebildet. Von den verschiedenen, zur Beizung benutzten Stoffen erwies sich die Karbolsäure am vorteilhaftesten, und zwar bei Benutzung einer einprozentigen Lösung des „Acidum carbolicum crudum 100 % Pharm. Germ. II." Auf einen Gewichtsteil Samen rechne man ungefähr 6 bis 8 Gewichtsteile Flüssigkeit.

Günstig erwies sich auch eine Warm- sowie eine Kaltwasserbeize[5]).

Während WIMMER die Frage betreffs des Einflusses von Witterung und Bodenbeschaffenheit unentschieden läfst, tritt HOLDEFLEISS entschieden dafür ein, dafs nicht Parasitismus, sondern Bodenbeschaffenheit den Wurzelbrand veranlasse. Bei den die Krankheit begünstigenden Böden fand er meistens eine reichliche Menge von Eisenoxydul, aber verhältnismäfsig wenig Kalk. Dabei war eine Neigung zum Verschlämmen und Verkrusten der Böden unverkennbar, und dementsprechend war auch die Erfahrung, dafs nach reichlichem Hacken der Wurzelbrand sich ausheilte. Daraufhin empfiehlt dieser Forscher aufser dem fortdauernden Offenhalten der Rübenböden eine reiche Zufuhr von gebranntem Kalk (12 bis 15 Zentner pro Morgen), der am vorteilhaftesten zu den Vorfrüchten und nicht direkt zu den Rüben gegeben werde. Gute Erfolge einer Zufuhr von 7 Zentnern Ätzkalk pro Morgen sah auch LOGES[6]). Als weiteres begünstigendes Moment hebt HOLLRUNG eine niedere Temperatur hervor und gedenkt dabei des Umstandes, dafs die Wurzelbranderkrankung niemals über die Erddecke hinaus auf die dem Luftzuge ausgesetzten oberirdischen Achsenteile hinübergreife. Er tritt mit Entschiedenheit dafür ein, dafs physikalische und chemische

---

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkr., 1892, S 278.

[2]) HELLRIEGEL, Über die Schädigung junger Rüben durch Wurzelbrand usw. Deutsche Zuckerindustrie, Jahrg. XV, S. 745. Biedermann's Centralbl. 1890. S. 647.

[3]) Auch HOLLRUNG fand bei Aussaat von grofsen Rübenknäueln einen geringeren Grad der Erkrankung. Dritt. Jahresb. d. Versuchsstat. f. Nematodenvertilgung. 1892.

[4]) Blätter für Zuckerrübenbau, 1900, Nr. 17.

[5]) HOLLRUNG in Zeitschr. f. Rübenzuckerindustrie i. D. R., Bd. 46, Heft 482.

[6]) Bericht d. Landw. Versuchsstation Posen. 1891.

Ursachen, welche bei kalten, luftabschliefsenden Äckern sich geltend machen, den Wurzelbrand veranlassen.

Die Ansicht, dafs die Böden, auf welchen die schwarzen Beine der Rüben sich einstellen, gern verschlämmen und abbinden, wird nach Stift's Mitteilung (a. a. O. S. 10 und 20) von Marek und Krawczynski bestätigt; man fand in einem solchen Boden 77,25 % Feinsand.

Diesen, noch von manchen anderen Beobachtern geteilten Anschauungen gegenüber blieb die Parasitentheorie, die in Frank ihren eifrigsten Vorkämpfer fand, bestehen. Frank, der mit Krüger seit 1892 eingehende Versuche ausführte, stellte fest, dafs aufser dem von Lohde aufgefundenen, bei vielen Erkrankungen von Keimlingspflanzen aus sehr verschiedenen Gattungen vorkommenden *Pythium de Baryanum* und aufser der von Eidam erwähnten *Rhizoctonia violacea* es einen spezifischen Rübenpilz, *Phoma Betae* Frank, gäbe, „welcher nicht nur die Herz- und Trockenfäule der erwachsenen, sondern auch den Wurzelbrand der jungen Rüben verursacht“ [1]. Die mannigfachen Erfahrungen bei Feldversuchen liefsen selbst diesen Forscher jedoch bald erkennen, dafs Wetter und Bodenverhältnisse einen bestimmenden Einflufs ausüben. „Es bleibt dahingestellt, ob dadurch das Pflänzchen für den Pilzbefall empfindlicher wird oder ob sich dies nicht genügend dadurch erklärt, dafs das Wachstum durch das kalte Wetter verlangsamt und das Pflänzchen ungewöhnlich lange in dem Jugendzustande zurückgehalten wird, der an und für sich der krankheitsempfängliche ist, während eine Keimpflanze, die durch Wärme rasch zur Entwicklung gebracht wird, eben dadurch rasch dem empfänglichen Zustande entwächst und der Gefahr schneller entgeht.“

In dieser Erklärung kommt nach mehrfachen Modifikationen der ursprünglichen Darstellungen bei Frank der Standpunkt zum Ausdruck, dafs aufser diesem spezifischen Krankheitserreger, dem *Phoma*, doch noch zum Zustandekommen des Wurzelbrandes ein bestimmtes Empfänglichkeitsstadium des Rübenpflänzchens gehört. Dieser Standpunkt wurde von Sorauer schon früher vertreten, wobei er nachwies, dafs Wurzelbrand auch ohne das Vorhandensein des *Phoma* zu finden sei, und dafs statt dessen Bakterienvegetation die Krankheitserscheinungen begleite. Die eingehendsten Untersuchungen über die Bakterien des Wurzelbrandes verdanken wir Hiltner, auf dessen neue Studien wir im folgenden besonders eingehen werden, nachdem wir noch den Standpunkt von Stoklasa skizziert haben. Nach Stift's Mitteilungen (a. a. O. S. 17) bekennt sich auch Stoklasa zu der Tatsache, dafs Bakterien den Wurzelbrand der Rüben zu erzeugen vermögen, und er hält dazu folgende Arten für befähigt: *Bacillus subtilis*, *B. liquefaciens*, *B. fluorescens liquefaciens*, *B. mesentericus vulgatus* und *B. mycoides*; letzteren erklärt Linhardt für den wesentlichsten Schädiger. Neuerdings ist auch *Pseudomonas campestris* genannt worden. Die von den vorgenannten Forschern als schädlich bezeichneten Witterungs- und Bodenverhältnisse hält Stoklasa für die Ursachen, welche eine Prädisposition im Rübenpflänzchen erzeugen. Er wendet seine Aufmerksamkeit speziell der Oxalsäure zu, die durch den Lebensprozefs der Pflanze normal gebildet wird und als Kaliumoxalat vorhanden ist. Die giftig wirkenden löslichen Oxalate werden, wenn Calciumoxyd von den Wurzelhaaren aus dem Boden aufgenommen werden kann, zu dem unlöslichen

---

[1]) Frank, A. B., Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte. Berlin, Paul Parey, 1897, S. 117.

Calciumoxalat umgesetzt. Durch diese Unschädlichmachung der Oxalsäure hört die lähmende Wirkung derselben auf den Assimilationsprozeſs auf, und die Pflanze gesundet. Wenn viel Salpetersäure im Boden vorhanden oder gar im Überschuſs zugeführt wird (starke Chilisalpeterdüngung), tritt allerdings eine Beschleunigung der Entwicklung, aber gleichzeitig auch eine Steigerung des Oxalsäuregehaltes ein. In solchem Falle wird die junge Rübenpflanze, falls sie nicht genügend Kalk aufnehmen kann, disponiert zum Wurzelbrande.

Die eingehendste Studie über das Verhältnis der Bakterien zu der Krankheit verdanken wir, wie bereits erwähnt, Hiltner und Peters[1]).

Die Verfasser haben eine Anzahl von Versuchen angestellt und gefunden, daſs es Erden gibt, die fast niemals Wurzelbrand aufkommen lassen und umgekehrt auch solche, bei denen die Krankheit kaum zu vermeiden ist. Sie schlieſsen daraus, daſs manche Erden eine gewisse Schutzkraft zu verleihen imstande sind und erblicken diese schützende Eigenschaft in der Fähigkeit der immunisierenden Erden, die Wurzeln der Rübenpflänzchen in ihren äuſseren Zellschichten mit solchen Mikroorganismen zu versehen, welche den Wurzelbrand erzeugenden Pilzen und Bakterien das Eindringen verwehren. Diese Schutzscheide, die Hiltner und Peters schon früher bei Erbsen ebenfalls beobachtet, nennen sie „Bakteriorhiza". Wurde die Bildung dieser Schutzscheide durch Sterilisieren der immunisierenden Erde und Abtöten der schützenden Bodenorganismen verhindert, so konnten die den Wurzelbrand veranlassenden Pilze und Bakterien, falls die Samen nicht vorher gebeizt wurden, auf die junge Keimpflanze übergehen und dieselbe zerstören.

Wie wenig aber die Organismen an sich zu fürchten und wie die Hauptsache für die Erkrankung in den Umständen zu suchen ist, welche die Pflanze erst empfänglich für jene Zerstörer machen, geht am besten aus den eigenen Worten der genannten Verfasser hervor. Sie sagen (a. a. O. S. 249) von dem Resultat ihrer Versuche: „Dieses Ergebnis aber lautet, daſs die Entstehung kranker Keime im Keimbett eine ziemlich komplizierte Erscheinung darstellt. Sie ist nicht, wie man bisher fast allgemein angenommen hat, ausschlieſslich darauf zurückzuführen, daſs parasitische Pilze oder Bakterien den Knäulen anhaften und von diesen aus auf die Wurzeln übergehen; denn diese Organismen haben an sich nicht die Fähigkeit, die Rübenwurzeln zur Erkrankung zu bringen. Erst dadurch, daſs die Wurzeln durch den Einfluſs bestimmter Stoffe, namentlich von Oxalaten, in ihrer Widerstandsfähigkeit geschwächt worden, werden sie sonst harmlosen Parasiten zugänglich."

Nach Hiltner's Anschauung werden nun die disponierenden Stoffe oder Zustände durch Zersetzungen der Gewebe an den Samenknäueln entweder auf dem Felde infolge ungünstiger Witterung oder später auf dem Lager durch zu starke Erwärmung erzeugt.

Über die Förderung, welche das Auftreten des Wurzelbrandes dadurch findet, daſs die dabei vorzugsweise beteiligten Mikroorganismen (*Phoma* und *Bacillus mycoides*) in ihrer Nährflüssigkeit bestimmte

---

[1]) Hiltner, L., und Peters, L., Untersuchungen über die Keimlingskrankheiten der Zucker- und Runkelrüben. Arb. d. Biolog. Abt. f. Land- u. Forstwirtsch. am Kais. Gesundheitsamt, IV. Bd, Heft 3, 1904, S. 207.

organische Verbindungen vorfinden, berichtet eine Arbeit von SIGMUND[1]). Nachdem Verfasser hervorgehoben, daſs genannte Parasiten allein die Krankheit nicht zu steigern vermögen, erwähnt er, daſs die Zahl der kranken Rübenkeime aber erhöht wird, wenn Glykokoll, Harnsäure, Asparaginsäure, Hippursäure, Leucin usw. sich in den Nährlösungen genannter Mikroorganismen finden und die Rübenknäule in diese Nährlösungen eingequellt werden.

Wir haben bei dieser wichtigen Krankheit zunächst die Anschauungen und Beobachtungsresultate, wie sie im Laufe der Zeit hervorgetreten, einfach registriert, um zu zeigen, wie bei allen Beobachtern trotz ihres ganz verschiedenen Standpunktes doch eine Angabe als roter Faden sich hindurchzieht, nämlich der Einfluſs des Bodens[2]). Dieser kommt am schärfsten bei den schweren, abbindenden Böden zum Ausdruck; er kann sich auch bei anderen Äckern einstellen, wenn dieselben durch irgendwelche Umstände verkrusten. Der Faktor, der vor allen Dingen unter solchen Verhältnissen sich geltend machen muſs, ist der Sauerstoffmangel. Welche Vorgänge im Boden, im Samen und in der jungen Pflanze dadurch eingeleitet werden, wagen wir vorläufig noch nicht zu präzisieren. Ebensowenig ist ein abschlieſsendes Urteil darüber erlaubt, ob der Wurzelbrand eine Konstitutionskrankheit, also eine zur Gewebezersetzung führende Ablenkung der normalen Lebensfunktionen ist, oder ein parasitärer, d. h. einer dasselbe Resultat hervorrufender, aber durch notwendige Mitwirkung von Mikroorganismen bedingter Vorgang ist. Wenn letzteres zutreffen sollte, was wir für die Mehrzahl der Fälle glauben, so kommt dabei aber die allseitig gefundene Tatsache ausschlaggebend in Betracht, daſs diese Organismen, gleichviel ob Mycelpilze oder Bakterien, nur zur zerstörenden Tätigkeit gelangen, wenn die Pflänzchen eine Disposition zur Aufnahme dieser Organismen erlangen. Und diese Disposition ist ein Produkt des Standortes unter bestimmten Witterungsverhältnissen.

Also ist in erster Linie doch immer der Boden die nächste Veranlassung zu einer den Wurzelbrand einleitenden Abwegigkeit des Assimilationsprozesses. Ob diese Ablenkung stets in dem Überschuſs freier Oxalsäure zum Ausdruck kommt, und ob das Übermaſs der giftig wirkenden Säure dadurch hervorgebracht wird, daſs der Pflanzenleib mehr Säure bildet oder daſs weniger bei Sauerstoffmangel davon verbrannt wird, kann späteren Forschungen vorbehalten bleiben. Für unsere Zwecke genügt, zu wissen, die Krankheit ist ein Produkt bindiger Bodenbeschaffenheit unter ungünstigen Witterungsverhältnissen, namentlich bei nassem, kaltem Wetter.

Damit kommen wir auf die Angaben der Praktiker zurück, die von Anfang an bis auf die neueste Zeit behaupten, daſs in den Bodenverhältnissen die Ursache des Wurzelbrandes liegt.

Indem wir ein Beispiel dieser Äuſserungen anführen, gelangen wir zu den sich von selbst ergebenden Bekämpfungsmaſsregeln. BRIEM

---

[1]) WILH. SIGMUND, Beiträge zur Kenntnis des Wurzelbrandes der Rübe. Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft, 1905, S. 212.

[2]) Weiteres Material aus praktischen Kreisen findet sich in den Jahresberichten des Sonderausschusses für Pflanzenschutz. Deutsch. Landw.-Gesellsch. 1892 bis 1905.

berichtet über einen Fall aus den Jahren 1904 und 1905[1]). Auf einem klargestürzten Felde bei Prag wurden 1904 bei kalter, feuchter Witterung und langsamem Wachstum die Fabrikrüben massenhaft wurzelbrandig, obgleich bisher dort die Erscheinung selten gewesen. Auch heilten sich später die Rüben vollkommen aus. Dasselbe Feld trug im folgenden Jahre nach reicher Kali-, Stickstoff- und Phosphorsäuredüngung wiederum Fabrikrüben. Infolge der sehr nafskalten Witterung ging die Saat erst nach 14 Tagen (am 24. April) auf. Die Befürchtung, dafs bei dem schwächlichen Wachstum infolge der kalten Nächte Wurzelbrand wiederum sich einstellen würde, blieb glücklicherweise unbegründet, und die Anfang Mai eintretenden warmen Tage brachten das erste Blattpaar zu schneller, kräftiger Entfaltung. Als aber am 20. Mai ein heftiger Regengufs das Feld ungemein festgeschlagen hatte und das Wasser nur langsam einziehen konnte, zeigten viele Pflänzchen nach fünf Tagen die Anfänge von Wurzelbrand.

Dieses Beispiel der Folgen des plötzlich eingetretenen Luftabschlusses in der vom Regen festgeschlagenen Erde zeigt, dafs in erster Linie das ständige Offenhalten der Bodenoberfläche durch Hacken geboten ist. In zweiter Linie wird die Zufuhr von gebranntem Kalk empfohlen werden müssen, selbst wenn der Boden kalkhaltig ist. Die Wirkung des Kalkes wird nicht immer als Nährstoff in Betracht kommen, sondern als mechanisches Bodenverbesserungsmittel, indem er die Krümelung erhöht. Auch Superphosphat hat gute Erfolge gezeigt[2]). Der Benutzung eines möglichst kräftigen Saatgutes ist in den gefährdeten Äckern erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Will man zur Samenbeize schreiten, was unserer Anschauung nach von zu geringem Vorteil ist[3]), so bediene man sich der Karbolsäurelösung. Zum Beizen von ½ dz Rübensamen löst man 1,5 kg Karbolsäure (*Acidum carbolicum liquidum crudum* 100 %) oder auch die teurere, reine, kristallisierte in 3 hl Wasser. Zur Prüfung der gewünschten Löslichkeit schüttele man 0,5 g in 1 l Wasser wiederholt durch; die Lösung mufs in 5 bis 10 Minuten erfolgt sein. Wenn nunmehr die ganze Beizflüssigkeit hergestellt ist, werden die Samen hineingeschüttet und im Verlaufe der nächsten Stunden wiederholt und kräftig umgerührt. Sodann beschwert man die Samen mit Brettern und Gewichten, so dafs sie gänzlich von der Flüssigkeit bedeckt bleiben. Nach etwa 20 Stunden nimmt man die Samen heraus und breitet sie in dünner Schicht in einem recht luftigen Raume aus, wobei sie mehrmals umzuharken sind. Sobald das Saatgut genügend abgetrocknet ist, kann es gedrillt werden, kann aber auch, wenn es vollkommen abgetrocknet ist, lange Zeit liegen bleiben, ohne zu leiden.

Will man die Beizflüssigkeit mehrmals benutzen, braucht man nur den jedesmaligen Verlust durch Nachgiefsen der gleichen Lösung zu ergänzen; doch tut man bei der Billigkeit des Mittels gut, dieselbe Lösung nicht zu oft zu verwenden[4]).

---

[1]) Briem, H., Wurzelbrandentdeckung und kein Ende. Blätter f. Zuckerrübenbau v. 15. Juni 1905.

[2]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 1896, S. 54 u. 340. Landwirt, 1896, Nr. 15, 17, 21. Jahresber. d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz, 1902.

[3]) Hiltner in Mitteil. d. pflanzenphysiolog. Versuchsstat. Tharand. Sächs. landw. Zeit. 1904, Nr. 16—18.

[4]) Wilfarth, H., und Wimmer, G., Die Bekämpfung des Wurzelbrandes der Rüben durch Samenbeizung. Zeitschr. d. Vereins d. Deutschen Zuckerindustrie, Bd. 50, Heft 529.

Statt der Beize erscheint uns das Kandieren des Saatgutes mit kohlensaurem Kalk vorteilhaft.

Die Hauptsache bleibt die Bodenbearbeitung; denn auch das vorsichtigst behandelte, bei den Keimproben tadellos befundene Saatgut kann erkranken. In dieser Beziehung gibt HILTNER in seiner vorerwähnten Arbeit sehr beachtenswerte Winke. Es wird bisher im Handel nach vereinbarter Methode die Güte des Samens nach seinem Verhalten im Keimbett geprüft. Nun zeigt sich, dafs die Menge der kranken Keime um so höher steigt, je länger man die Knäule im Keimbett beläfst. Die Versuche ergaben, dafs wenn man z. B. die Keime am neunten Tage dem Sandkeimbett entnahm, man oft mehr als zehnmal so viel kranke feststellen konnte als am sechsten Tage. Dazu kommt, dafs wenn die Knäule dicht beieinander liegen, die gegenseitige Ansteckung eine beträchtliche ist. Aufserdem ist die Zahl der erkrankenden Keime ganz verschieden, je nachdem man sie vorquellt oder nicht und je nachdem man zum Vorquellen destilliertes oder kalkfreies oder kalkhaltiges Leitungswasser benutzt. Zieht man schliefslich in Betracht, dafs die Bodenbeschaffenheit ausschlaggebend für das spätere Verhalten der Keime wird, so kommt man zu dem Schlufs, dafs die jetzt üblichen Methoden der Saatgutbeurteilung keinen Schutz und keinen Mafsstab für den Rübensamen gewähren. Um einen Einblick in die Keimfähigkeit des Saatgutes zu erhalten, werden die Rübenknäule in möglichst verschiedenen Keimbetten und nach verschiedenen Methoden geprüft werden müssen[1]). Aber die besten Keimresultate geben in keiner Weise eine Garantie betreffs des Wurzelbrandes. Dieser hängt in seinem Auftreten davon ab, ob die in den vertrockneten Blütenhüllen der Samen vorhandenen Mikroorganismen im Boden Gelegenheit finden, sich derart zu entwickeln, dafs sie die jungen Pflänzchen anzugreifen vermögen.

Tropenkulturen.

In Rücksicht auf den von mir vertretenen Standpunkt, dafs bei vielen unserer Kulturen den Bodenverhältnissen, namentlich der physikalischen Bodenbeschaffenheit zu wenig Rechnung getragen wird, glaube ich auch auf die Ansprüche der tropischen Kulturpflanzen an die physikalischen Eigenschaften der Kulturländereien hinweisen zu müssen. Betreffs der tropischen Kultur stütze ich mich auf die Angaben von FESCA[2]), der mehrfach eigne Erfahrungen mitzuteilen weifs, und ferner auf die neuen Publikationen des Biologisch-Landwirtschaftlichen Instituts Amani[3]).

---

[1]) Über Verschiedenartigkeit der Keimung gleichbehandelten Saatgutes in Sand und Erde vergl. die Mitteilung von MAREK im Jahrb. d. Deutsch. Landwirtsch. Ges., 1892.

[2]) FESCA, Der Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. Berlin, Süsserott. Bd. I, 1904.

[3]) Wie oben gesagt, dienen die Angaben über die Krankheitserscheinungen tropischer Kulturpflanzen hauptsächlich als Hinweis auf die Beachtung der Boden- und Witterungsverhältnisse als Krankheitsursache. Wir können uns bei den Schilderungen um so kürzer fassen, da eine reichhaltige Literatur spezielle Studien leicht ermöglicht. Aufser den bereits S. 65 bis 67 erwähnten Zeitschriften bieten die neuen Publikationen der Usambara-Post wertvolles Material: „Der Pflanzer", Ratgeber für tropische Landwirtschaft unter Mitwirkung des Biologisch-Landwirtschaftlichen Institutes Amani, herausgegeben durch die Usambara-Post, 1905.

Wie wir sehen werden, handelt es sich bei den Schädigungen, ähnlich wie in den gemäfsigten Klimaten, vielfach um Erscheinungen des Sauerstoffmangels, den schwere oder bei der Kultur sich verdichtende Böden zutage treten lassen. Manche Pflanzen der Tropen sind in der Lage, Hilfsorgane bei Sauerstoffnot zu entwickeln. Ähnlich den Adventivwurzeln aus den Stammorganen verschütteter oder verschlämmter Bäume können die Palmen (*Phoenix*, *Kentia*, *Chamaerops* usw.) senkrecht aus der Erde hervorwachsende Wurzelzweige entwickeln, die eine eigenartige Atmungsvorrichtung besitzen (Pneumathoden); dieselbe erscheint als ein mehliger Überzug, der von der Spitze der Wurzel aus sich auf eine gewisse Strecke abwärts zieht. Diese mehlige Beschaffenheit entsteht durch Vermehrung, Vergröfserung und Lockerung der äufseren Lagen der Wurzelrinde unter Sprengung der Epidermis und fast gänzlichem Fortfall des Sclerenchymringes.

Jost[1]) stellte experimentell bei Phoenix fest, dafs diese Pneumathoden im Boden verbleiben, wenn derselbe gut durchlüftet wird; dagegen erheben sie sich über die Topfoberfläche, wenn der Topf unter Wasser gesenkt wird. Ähnliche Einrichtungen wurden auch bei *Pandanus*, *Saccharum* und *Cyperus* gefunden.

Die Wurzelfäule des Zuckerrohrs.

Unter den zahlreichen Krankheiten des Zuckerrohrs spielt die Wurzelfäule eine hervorragende Rolle. Auf Java gilt sie als der schlimmste Feind der Zuckerrohrkultur. Es hat natürlich nicht daran gefehlt, die auf kranken Wurzeln sich ansiedelnden Mikroorganismen (*Verticillium (Hypocrea) Sacchari*, *Cladosporium javanicum* Wakker, *Allantospora radicicola* Wakker, *Pythium* usw.) als Ursache heranzuziehen; indes haben die neuen Untersuchungen von Kamerling[2]) die schon früher von ihm und Suringar[3]) ausgesprochene Vermutung, dafs es sich um eine Konstitutionskrankheit infolge von Bodenverdichtung handele, nunmehr aufser Zweifel gesetzt. Schon Raciborski hat erwiesen, dafs durch Verpflanzen des Zuckerrohrs, das an dieser als Dongkellanziekte bekannten Wurzelkrankheit litt, in ein anderes Erdreich die Pflanzen gesund wurden. Die Krankheit tritt vorzugsweise auf schweren Tonböden auf und zeigt sich auf Java in einem akuten Absterben der Pflanzen bei Beginn des Ostmonsuns, nachdem dieselben eine abnorme Verzweigung des Wurzelkörpers und Verkümmerung der Wurzelhaare schon lange vorher haben erkennen lassen. Verfasser untersuchte die Böden, auf denen die Krankheit sich einstellte, und fand, dafs die Krümelstruktur des Bodens gering war und derselbe sich leicht schlofs. Die Durchlässigkeit der Böden kann durch Humuszufuhr verbessert werden, da Humus ebenso wie Ferrihydroxyd oder ferrireiche Silikate die Krümelbildung begünstigen. Da sich der Humus durch Oxydation allmählich verliert, so ist durch erneute Zufuhr von Stallmist, Reis-

[1]) Jost, Ein Beitrag zur Kenntnis der Atmungsorgane der Pflanzen. Bot. Zeit. 1887, Nr. 37.

[2]) Kamerling, Z., Verslag van het Wortelrot-Oenderzoek, Soerabaia, 1903, 209 S. mit 19 Tafeln.

[3]) Kamerling, Z., en Suringar, H., Oenderzoekingen over onvoldoenden groei en ontijdig Afsterven van het riet als gevolg van wortelziekten. Mededeelingen van het Proefstation vor Suikerriet en West-Java, Nr. 48; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkr., 1901, S. 274, und 1904, S. 88.

stroh oder Gründüngung dafür zu sorgen, dafs die Bodenlockerheit erhalten bleibt.

Nach den Studien von WAKKER[1]) scheinen auch manche Blattfleckenkrankheiten entweder direkt von Bodennässe erzeugt oder (bei parasitärer Natur) doch durch die Nässe begünstigt zu werden. Der Verfasser fand in der Umgegend von Malang eine „gelbe Streifenkrankheit", „Rost", „Ringfleckenkrankheit", sowie die rote und gelbe Fleckenkrankheit. Während er die erstgenannten für parasitäre, durch die Nässe begünstigte Erscheinungen ansieht, erklärt er die gelbe Fleckenkrankheit, bei der die Blätter etwas langgezogene, miteinander verschmelzende, grüngelbe Flecke erhalten, für eine erbliche Konstitutionskrankheit.

Krankheiten der Baumwolle.

Die Mehrzahl der Baumwollkrankheiten ist zurzeit unter den parasitären Erscheinungen zu suchen. Ob dies immer so bleiben wird, bezweifele ich. Mit der Überzeugung, dafs viele der gefundenen Mikroorganismen als Schwächeparasiten anzusehen sind, mufs natürlich der erst existierende Faktor als ausschlaggebend betrachtet werden, nämlich die die Schwächung veranlassende Ernährungsstörung, welche erst die Möglichkeit für die Pilzansiedlung bietet. Und diese wird in erster Linie in den Witterungs- und Bodenverhältnissen gesucht werden müssen.

Beispiele von Krankheiten, bei denen der Boden allein bei der nassen Jahreszeit als Ursache angesehen wird, werden aus unseren ostafrikanischen Kolonien durch VOSSELER[2]) gemeldet. Im Jahre 1904 trat im Bezirk Kelwa eine „Stengelbräune" auf, welche der dortigen Gegend mehr als alle bis dahin aufgetretenen Krankheiten Schaden zugefügt hat. Es entstehen braunschwarze Rindenflecke unterhalb des Gipfels am Hauptsprofs; infolgedessen erfolgt ein Absterben dieses Teils sowie der oberen Nebensprossen. Die Krankheit erschien aber nur auf sogenanntem sauren Boden.

Eine zweite, längs der ganzen Küste verheerend auftretende Erscheinung war die Blattrotfleckenkrankheit. Die Blätter bekommen einen blassen, mit zackiger Grenze scharf gegen die Innenfläche abstechenden Rand. Dann erhält das ganze Blatt erst dunkelrote Flecke oder gleichmäfsige rote Färbung, womit oft eine Verkrümmung der Blattfläche verbunden ist. Das Verschwinden des Übels bei eintretender Trockenheit deutet darauf hin, dafs bei der herrschenden nassen Witterung der Boden die Baumwollkultur ungünstig beeinflufst hatte.

VOSSELER scheint auch zu vermuten, dafs die gefürchtete „Welkkrankheit" (*Wilt disease*) zu den klimatischen Krankheiten zu ziehen sei, und weist darauf hin, dafs durch Anzucht von Pflanzen aus Samen gesunder Stöcke in erkrankten Feldern immune Rassen erzogen werden könnten. Nach SCHELLMANN[3]) verträgt die Baumwolle keine steifen Tonböden und keine sauren Humusböden.

---

[1]) WAKKER, J. H., De Bladziekten te Malang. Archiev voor de Java-Suikerindustrie, 1893, Aflevering 1.

[2]) VOSSELER, Zwei Baumwollkrankheiten. Immune Baumwollsorten. Mitteil. Biolog.-Landwirtsch. Institut Amani. 1904, Nr. 32.

[3]) Der Pflanzer, Usambara-Post 1905, Nr. 1. Daselbst auch die ältere Literatur.

Die Ricinuskulturen.

Obgleich Ricinus in der subtropischen und selbst in der gemäfsigten Zone noch gedeiht, kommt derselbe nach ZIMMERMANN[1]) doch als Kulturpflanze betreffs Gewinnung ölreicher Samen nur für die Tropen in Betracht, wo er von der Meeresküste bis zu einer Höhe von etwa 1600 m wächst. Ausschlaggebend ist für *Ricinus* allerdings ein reicher Nährstoffvorrat, da er sehr starke Ansprüche an den Boden stellt. Demnächst verlangt die Pflanze grofse Wassermengen, solange sie in der vegetativen Periode sich befindet. Später aber spricht die physikalische Bodenbeschaffenheit mit, indem alle Böden, die nicht drainiert sind und dauernd feucht bleiben, die Kultur nicht gedeihen lassen. Diese Beobachtungen in den Tropen stimmen mit den Erfahrungen, die wir bei der Kultur von Ricinus als Zierpflanze machen, überein. Zur reichen Entfaltung kommen die Pflanzen nur, wenn sie einen grofsen Bodenraum und lockere, nährstoffreiche Erde zur Verfügung haben. Bei der Anzucht in Töpfen, denen man durch Düngesalze viel Nahrung zuführen will, verschlämmt die Erde, und die Pflanzen bleiben klein und schwächlich.

Der Tabak.

Ein sehr lehrreiches Beispiel über den ausschlaggebenden Einflufs des Bodens liefern die Beobachtungen von HUNGER[2]) über die Entwicklung des Deli-Tabaks und sein verschiedenartiges Verhalten gegenüber der „Mosaikkrankheit", über welche in dem Abschnitt über die enzymatischen Krankheiten ausführlicher berichtet werden soll.

Ein Boden aus weifsem Klei, sagt HUNGER, der viel Sand beigemengt enthält, ist bei günstigen Niederschlagsverhältnissen der beste für dünnblätterigen Tabak, aber zugleich auch für das reichliche Auftreten der Mosaikkrankheit in der Form des sogenannten „Kopfbunt". Hier macht die Pflanze den Eindruck des „Überwachsens": lange Internodien, gelbgrünes Laub, nach dem Köpfen zahlreiche Seitensprossen, welche sämtlich erkranken.

Fehlt dem Kleiboden jedoch der Sand und wird er lehmartig, dann wird er für die Tabakkultur unbrauchbar. Der Wurzelkörper der Pflanze ist gering entwickelt und häufig verkrümmt; die Blätter zeigen unrichtige Längenverhältnisse und besitzen geringe Qualität. Die Mosaikkrankheit tritt hier schon ein bis zwei Wochen nach dem Verpflanzen auf. Die roten Verwitterungsböden von Ober-Langkat sind ziemlich fest; die Pflanzen sind hier gedrungen; die dicht übereinanderstehenden Blätter sind nicht besonders dünn, und die Mosaikkrankheit kommt wenig vor; sie erscheint nur ausnahmsweise auf den nach dem Köpfen nur spärlich entwickelten Trieben.

Auf den schwarzen humusreichen Böden zeigt der Tabak eine enorme, wohl proportionierte Entwicklung; die sehr grofsen Blätter sind dunkelgrün und dünn. Mosaikkrankheit häufig.

Auf dem torfähnlichen, porösen, mit grofser Wasserkapazität ver-

---

[1]) ZIMMERMANN, A., Die Ricinus-Kultur. Der Pflanzer, Ratgeber für tropische Landwirtschaft unter Mitwirkung des Biologisch-Landwirtsch. Institutes Amani, herausg. durch d. Usambara-Post.

[2]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 1905, Heft 5. HUNGER hat als Botaniker der Versuchsstation für Deli-Tabak (VIII. Abt. d. Bot. Gart. zu Buitenzorg) das umfassendste Beobachtungsmaterial zur Verfügung gehabt.

sehenen Paja-Boden tritt die Mosaikkrankheit fast gar nicht auf. Die enormen Blätter welken fast niemals in dem wasserhaltenden Boden, sind aber sehr dick und ölreich, werden bei dem Fermentieren immer dunkelfarbig und sind daher nicht sehr preiswert. Auf neuem Paja-Boden kann man auch durch Köpfen keine Mosaikkrankheit hervorrufen.

Kaffee.

Der am meisten Beachtung verdienende Baum unserer Tropenkultur, der Kaffee, ist besonders empfindlich gegen extreme Bodenbeschaffenheit. Obgleich ihm Trockenperioden nicht zusagen und er am liebsten in einem Erdreich steht, das auch zu Zeiten der Dürre sich frisch erhält, so verträgt er doch Trockenheit noch besser wie Bodennässe. Wenn er während der Regenzeit nur wenige Tage versumpft, soll er unrettbar dem Tode verfallen. Hinreichende Wasserkapazität des Erdreichs verbunden mit reichlicher Durchlüftung sind somit Haupterfordernisse. Ein frisch gerodeter Waldboden wird als besonders günstig für die Kaffeekultur bezeichnet. Wahrscheinlich sind der schwarze Rost (*swarte roest*) und die Krebskrankheiten (Natalkrebs und Javakrebs) (*Djamoer oepas*) mit ihren Cambium-Erkrankungen physiologische Störungen, die durch unpassende Boden- und Witterungsverhältnisse eingeleitet werden und spätere Pilzansiedlungen zur Folge haben. Gegen undurchlässigen Boden soll der Liberiakaffee nicht so empfindlich wie der arabische sein und noch dort gedeihen, wo der letztere versagt[1]).

Die als „Blorokziekte“ von Zimmermann[2]) beschriebene Blattkrankheit scheint mir auch hierher zu gehören. Die Blätter bekommen wolkige, gelbe Flecke, an denen die Oberhaut später einsinkt und der Zellinhalt sich bräunt. Die Bäume auf Java werden zwar nicht davon getötet, aber in ihrer Fruchtbarkeit aufserordentlich herabgedrückt. Als eine Folge übermäfsiger Wasserzufuhr betrachtet Zimmermann[3]) die bei *Coffea liberica* selten, bei *C. arabica* häufiger auftretenden sogen. „Sternchen“, d. h. vorzeitig sich öffnende, noch nicht vollkommen entwickelte und daher unfruchtbar bleibende Blüten. Die Erscheinung ist nicht mit der unter gleicher Bezeichnung gehenden Schwarzfärbung der Blütenknospen, die schliefslich ungeöffnet abfallen, zu verwechseln. Verschiedene Arten von Wurzelschimmel sind beschrieben und als Ursache von Wurzelfäule angesprochen worden[4]); ich glaube, dafs man auch hier zu studieren haben wird, ob diese parasitären Pilzformen nicht erst dann schädlich eingreifen, wenn die Wurzeln bereits durch ungünstige Ernährungsverhältnisse geschädigt worden sind.

Kakao und Tee.

Betreffs des Kakaobaumes sagt Fesca: „Extreme Bodenarten, sowohl magerer Sand, wie zäher Ton sagen dem Kakaobaume nicht zu. Hinsichtlich Tiefgründigkeit, Frische, ohne an Grundwasser zu

---

[1]) Delacroix, G., Les maladies et les ennemis des caféiers. II édit. Paris, Chalamel, 1900, S. 8.

[2]) Teysmannia 1901, S. 419.

[3]) Eenige Pathologische en Physiologische Waarnemingen over Koffie. Mededeelingen uit S'Lands Plantentuin. LXVII.

[4]) Bolletim del Instituto Fisico-Geographico de Costa Rica, 1901.

leiden, sowie an Humus- und Nährstoffgehalt stellt derselbe noch höhere Ansprüche als der Kaffee." Über den Tee äufsert sich derselbe Autor, der in Japan selbst gute Teeböden analysiert hat, dafs er im gesetzterem Zustande derselben 30 bis 40 % Wasser bei kapilarer Sättigung gefunden habe. Der Tee verlangt einen hinreichend tiefgründigen Boden, der frei von stagnierendem Grundwasser ist; gegen letzteres ist er sehr empfindlich. Auch hier wird ein noch nicht näher bekannter Pilz als Ursache einer Wurzelkrankheit beschrieben; er soll, besonders auf nassem Boden, ein frühes Absterben der Sträucher zur Folge haben; jedoch versichert FESCA[1]), dafs die Krankheit auf gut durchlüfteten Böden nicht von ihm jemals gesehen worden sei. Auf unzusagenden Standort möchten wir auch die von ZIMMERMANN[2]) beschriebene Erkrankung junger Teepflanzen zurückführen, obwohl ein mit gelappten Haustorien versehenes Mycel in den Krankheitsherden beobachtet worden ist. Die Blätter erschlaffen und werden mifsfarbig; der Stengel bräunt sich an der Basis oder an höheren Stellen, während das Wurzelwerk gesund erscheint. Manchmal zeigen nur die Blätter, namentlich am Hauptnerv, braune Flecke. Die von den kranken Stengelteilen zur Entwicklung gebrachten Pilze (Nectrieen) konnten bei Impfversuchen die Krankheit nicht hervorrufen. Bei trockner Witterung liefs die Krankheit bedeutend nach. Auch das Verpflanzen der Keimlinge von den dichten Saatbeeten führte zu einem Stillstand der Krankheitserscheinungen. Wenn hier in möglichster Kürze der Bodenansprüche unserer hauptsächlichsten tropischen Kulturpflanzen gedacht worden ist, so mufs noch hinzugefügt werden, dafs natürlich das Klima der ausschlaggebende Faktor bleibt. Unter diesen klimatischen Faktoren wird auch der Luftfeuchtigkeit besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden müssen, da die Güte der Ernte oftmals wesentlich davon abhängig ist. Bei den Kakaokulturen in Kamerun z. B. läfst sich beobachten, dafs die quantitative Produktion der Bäume eine ungewöhnlich reiche ist, aber die Qualität der Früchte infolge der grofsen Feuchtigkeit nur mittelmäfsig ist. Hier leben sich die Bäume auch schnell aus.

Anderweitige Tropenkulturen.

Von den Getreidegräsern ist es zunächst der Mais, der einen tiefgründigen, mürben, von Grundwasser freien Boden verlangt und zähen Ton nicht verträgt. Ebenso verhält sich *Sorghum*, das noch empfindlicher gegen kalte Nässe ist als der Mais und wegen seiner tiefen Bewurzelung sehr widerstandsfähig gegen Dürre sich zeigt. Daher der Anbau in der tropischen und subtropischen Steppe. Ganz ungeeignet für feste Böden, vorzüglich aber in lockeren Bodenarten an dürren Örtlichkeiten ist die Neger- oder Pinselhirse (*Pennisetum spicatum*). Die anderen Hirsearten verhalten sich ähnlich.

Die Leguminosen, die wegen ihrer meist kurzen Vegetationsdauer zum Anbau als Nachfrucht sich besonders eignen, dürften für die Tropen und Subtropen nicht nur als Stickstoffsammler und als ausgezeichnetes Nährmaterial grofse Bedeutung beanspruchen, sondern auch wertvoll durch ihre geschlossene, vor Verhärtung schützende

---

[1]) A. a. O. S. 273.

[2]) ZIMMERMANN, Untersuchungen über tropische Pflanzenkrankheiten. Sonderberichte über Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika, Bd. II, Heft 1, 1904.

Bodenbeschattung und als lockernde Gründüngungspflanzen werden. Ein gutes Gedeihen zeigen die Pflanzen in trocknen Böden, und demgemäfs werden ihnen in Gegenden mit reichen Niederschlägen schwere Böden verderblich. Eingehendere Studien über Sorghum-Krankheiten und ihre Beziehungen zu Witterungsverhältnissen hat neuerdings BUSSE geliefert[1]).

Von den Knollengewächsen beansprucht die Batate etwa dieselben Kulturbedingungen, wie bei uns die Kartoffel. Auch die Cassaven (Manniok) verlangen tiefgründigen, losen, trocknen, aber humusreichen Boden. Die Feuchtigkeit liebenden, Arrowroot liefernden Maranta-Arten beanspruchen ebenfalls Lockerheit des Bodens; daher erweist sich jungfräulicher Boden wegen seiner Festigkeit wenig geeignet. Selbst Taro, die Knollen der verschiedenen Colocasia-Arten, welche sehr viel Feuchtigkeit beanspruchen, gedeihen doch nur gut, wenn der Boden durchlässig ist. Dasselbe gilt für die Yamswurzel, die von verschiedenen Arten der Gattung *Dioscorea* gewonnen wird. Betreffs der Mohnkultur und Opiumgewinnung sei auf die Arbeit von K. BRAUN[2]) und bezüglich der Kautschukpflanzen und zwar speziell des Lianen-, Wurzel- und Kräuterkautschuks auf die Studien von ZIMMERMANN[3]) verwiesen.

Mittel zur Beseitigung der Nachteile schwerer Böden.

Drainage. Wir haben hierbei nicht nur die tonreichen Böden ins Auge zu fassen, sondern auch diejenigen sandigen, deren Kornstruktur eine so feine ist, dafs sie so dicht wie Tonboden werden können.

Von den Mitteln, welche die Praxis zur Erhöhung der Bodenlüftung anwendet, verdient in erster Linie die Drainage genannt zu werden, welche ebenso nützlich durch die Erleichterung des Luftaustausches in den Bodenzwischenräumen wie durch die Entfernung stagnierender Wassermassen wirkt. Der Drainstrang wirkt nach jedem Regen wie ein Luftsaugapparat. Wenn der Regen kommt und die Bodenräume ausfüllt, nimmt er die gegenüber der Atmosphäre sauerstoffärmere, aber kohlensäurereichere Luft fort. Da aber der Regen durch die Drainstränge schnell aufgesogen wird, strömt ebenso schnell sauerstoffreiche Luft von der Oberfläche her in die Poren hinein und erhöht somit die Oxydationsvorgänge im Boden und die Tätigkeit der sauerstoffbedürftigen Wurzeln und der Mikroorganismen.

Die Befürchtung, dafs durch die Drainage die Felder an Nährstoffen verarmen, ist wohl nur selten zutreffend, da die zahlreichen Untersuchungen von Drainwässern nur geringe Spuren von durch die Krume absorbiertem Kali und Ammoniak sowie von Phorphorsäure aufweisen. Salpetersaure Salze allerdings gehen in gröfserer Menge verloren; aber dieselben werden bei ihrer leichten Löslichkeit im nicht drainierten Boden ebenfalls teilweis in den Untergrund gewaschen werden.

Nicht zu unterschätzen ist ferner die durch die Drainage anwachsende Erwärmbarkeit der Böden und die dadurch erzeugte Ver-

[1]) WALTER BUSSE, Untersuchungen über die Krankheiten der Sorghum-Hirse. Arb. d. Biolog. Abt. f. Land- u. Forstwirtschaft a. Kais. Gesundheitsamte, Bd. IV, Heft 4. 1904.

[2]) Der Pflanzer, 1905, Nr. 11, 12.

[3]) Derselbe 1905, Nr. 8—10.

besserung der Ernte, von welcher man im allgemeinen sagen kann, daſs der nasse und deshalb kalte Boden nährstoffärmere Produkte liefert. Warum der nasse Boden ein kalter ist, ergibt die Betrachtung, daſs, wenn das Wasser eine spez. Wärme = 1 hat, die höchste spez. Wärme, die ein Boden überhaupt zeigt, nur = 0,5 ist, also höchstens die Hälfte derjenigen des Wassers beträgt. Entfernt man also durch Drainage den schwierigst zu erwärmenden Körper, so muſs der Boden wärmer werden. Vor der Drainage bleibt der Boden im Frühjahr lange kalt, was ein späteres Erwachen der Vegetation, ein späteres Keimen der Samen veranlaſst. Ein kalter Standort für die junge Pflanze wirkt doppelt störend, da er eine Verzögerung der Ausbildung gerade in einer für die ganze spätere Pflanze maſsgebenden Entwicklungsphase hervorruft. Die Bewurzelung wird dürftig, das Aussehen siech, und spätere günstige Temperaturverhältnisse vermögen den Schaden nicht mehr auszubessern. Als Beispiel mag einer der mit Winterroggen von Stökhardt[1]) ausgeführten Versuche dienen. Die Versuchsparzellen unterschieden sich durch Drainage und Bodenlockerung. Eine Parzelle war durch etwa 2,5 cm weite Drains in geringer Tiefe durchzogen, und zwar derart, daſs an einem Ende des Stranges die knieförmig gebogene Röhre schornsteinartig nach der Bodenoberfläche mündete. Diese, sowie eine zweite Parzelle ohne Drains waren 50 cm tief gelockert, während eine dritte nur 25 cm tief gegraben und nicht drainiert war. In Bestätigung früherer, mit Lupinen, Hafer u. dergl. erhaltener Resultate ergab die Ernte, obgleich die jungen Pflanzen bis zum Frühjahr keine Unterschiede zeigten, ein erhebliches Plus auf der drainierten Parzelle. Pro Morgen berechnet, betrug die Ernte

	Körner kg	Stroh und Spreu kg	In Summa kg
Parz. I drainiert und 50 cm tief umgegraben	539	1470	2009
„ II undrainiert, 50 cm tief gegraben	411	928,5	1339,5
„ III undrainiert, 25 cm tief gegraben	338	859,5	1197,5

	Körnergehalt pro Scheffel kg	Stickstoffgehalt der Körner %
Parzelle I	40,80	2,18
„ II	39,85	1,83
„ III	37,70	1,83

Über den Nutzen der Drainage zur Entfernung von Eisen aus Neubrüchen sagt Pätz[2]): „Gewöhnlich findet man das Eisen unmittelbar unter der Ackerkrume und zwar in der Höhe des gewöhnlichen Grundwasserstandes. Das Grundwasser bringt das Eisen mit nach oben und verkittet in vielen Fällen in der gewönlichen Höhe des Grundwasserstandes die Sandkörnchen im Boden derart, daſs man sehr oft bei Ausführung einer Drainage einen harten, steinähnlichen, roten Boden findet. Durch Herstellung einer richtig systematisch angelegten Drainage, wobei die Horizontalen von den Saugdrains rechtwinklig durchschnitten, die letzteren mindestens eine Tiefe von 1,2 m haben und die Entfernung zwischen je zwei Drains auf das Zehnfache der

[1]) Chemische Ackersmann, 1859, S. 232; 1861, S. 100; 1864, S. 22.
[2]) Hannoversche landw. Zeit. 1880, Nr. 45; cit. Biederm. Centralbl. f. Agrik.-Chemie, 1880, S. 911.

Tiefe angenommen ist, wird der Grundwasserstand bis zur Tiefe der Drains niedriger gestellt und dem Boden oberhalb der Stränge kein Eisen mehr zugeführt. Das bereits vorhandene Eisen wird durch die atmosphärischen Niederschläge gelöst und den Drainsträngen zugeführt, oder es verbleibt dem Boden als unschädliches Oxyd."

Bodenbearbeitung. Da, wo es sich nicht um die Fortschaffung überflüssigen Wassers handelt, werden statt der Drainage das Rigolen und Tiefpflügen oft am Platze sein. Dabei wird dann Vorsicht geboten erscheinen, wenn auf eine fruchtbare Ackerkrume ein durch das Rigolen oder Pflügen an die Oberfläche zu bringender toter Untergrund in Aussicht steht. Aufser jedesmaliger Düngung darf dann nur allmähliches Vertiefen der Krume im Laufe mehrerer Jahre stattfinden. Da mit einer Vertiefung der Krume die Erweiterung des Wurzelnetzes jeder Pflanze und demgemäfs die Erhöhung der Ernte eintritt, also auch eine gröfsere Ausnutzung des Bodens stattfindet, so ist eine zunehmende Düngerzufuhr mit der zunehmenden Bodenlockerung geboten.

Bei den zur Krustenbildung geneigten, sonst physikalisch nicht ungünstig gebauten Böden genügt zur Erhöhung der Bodenventilation das Hacken und Behäufeln. Diese dem Landwirt und Gärtner kaum genug zu empfehlende Manipulation, die auf jedem Boden Verwendung finden kann, reguliert die Bodenfeuchtigkeit.

Manche schöne, praktische Erfahrung über den Vorteil der Bodenlockerung finden wir in den Berichten des Sonderausschusses für Pflanzenschutz bei der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. Wir entnehmen ein einziges Beispiel, das sich auf vergleichende Versuchskulturen stützt. Mentzel in Skollmen[1]) (Ostpreufsen) teilte einen mit schwedischem Weizen, Eppweizen und Koströmer Weizen im Gemenge bestellten Acker in zwei Teile und hielt eine Hälfte desselben durch Aufeggen nach jedem Regen bez. durch Aufgrubbern mit dem Federzinken-Kultivator gelockert, während bei der andern Hälfte diese Bearbeitung unterblieb. Letztere ergab, obgleich der Boden ein besserer war, pro Hektar $21^3/_5$ dz, erstere dagegen $26^1/_2$ dz.

Gleichsinnig, wie derartige Lockerung der Bodenoberfläche wirkt auch eine Gründüngung, die auf leichtem Boden tief, auf schweren Bodenarten flach untergebracht zu werden pflegt. Durch die Gründüngung wird nämlich der kapillare Aufstieg des Wassers aus den darunter liegenden Bodenschichten unterbrochen[2]). Einerseits wird die Erhaltung der Feuchtigkeit in den tieferen Schichten leichterer Böden erhalten; andererseits wird bei schweren, nassen Böden für eine Aussaat eine gut durchlüftete Krume geschaffen, so dafs die Samen normal keimen können. Die aus dem gefährlichsten Keimungsstadium herausgetretenen gekräftigten Pflanzen vermögen dann die nach Zersetzung des Gründungs wieder kapillar stärker aufsteigende Bodennässe besser zu überwinden.

Durchfrieren. Von höchster Bedeutung für die Kultur schwerer Böden ist ihre winterliche Lockerung durch gehöriges Durchfrieren. Bedenken wir, dafs das Wasser beim Übergang zu Eis eine Vermehrung seines Volumens um nahezu ein Elftel erfährt, so wird uns klar,

---

[1]) Jahresb. d. Sond.-Aussch. f. Pflanzenschutz. Arb. d. Deutsch. Landwirtsch.-Ges., Heft 107, 1905, S. 64.

[2]) King, F. H., Tenth Annual Report of the Agric. Exper. Stat. of Wisconsin, 1884, S. 194.

dafs durch die Eiskristalle die dichter liegenden Bodenpartikelchen auseinandergedrängt werden. Da aufserdem die Gesteine von einem Netz feiner Spalten überzogen sind, in welche Wasser sich allmählich hineinzieht, so arbeitet der Frost auch beständig an dem Zerfall der festen Gesteine und zwar um so intensiver, je öfter Auftauen und Gefrieren im Laufe des Winters miteinander abwechseln. Natürlich wird die Schnelligkeit der Wirkung von der Bodenbeschaffenheit, bez. dem Wassergehalt abhängen: je geringer derselbe ist, desto schneller und tiefer werden die Frosttemperaturen eindringen. Somit werden die schweren und die Humusböden am langsamsten gefrieren und auftauen. Welchen Vorteil die Bodenlockerung durch Frostwirkung gewährt, zeigen die Versuche von Wollny[1]). Derselbe liefs im Herbst von drei Parzellen zwei auflockern und in rauher Furche liegen, während die dritte nicht bearbeitet wurde. Diese und eine der beiden anderen wurden im Frühjahr umgegraben, während die dritte blofs oberflächlich bearbeitet wurde. Es zeigte sich nun, dafs bei den verschiedensten Kulturgewächsen die Erträge der im Herbst nicht in rauhe Furche gelegten Parzelle am geringsten waren, während die im Winter in rauher Furche durchgefrorene und im Frühjahr noch einmal gelockerte die reichste Ernte gab.

Bedeckung der Krume. Wir kommen jetzt zu den Vorteilen, welche schwere Böden durch das Bedecken der Krume mit Streumaterialien erlangen, nachdem wir früher des Schutzes solcher Bodenbedeckung bei leichten Böden bereits gedacht haben. Der nächstliegende Vorteil ist der, dafs die Deckmaterialien dadurch, dafs sie den Schlag der Regentropfen auffangen und das Wasser nur leitend der Bodenoberfläche mitteilen, das Zusammenschlagen der Bodenteilchen verhüten und infolgedessen die Krume lockerer halten. In Baumschulen keimt die Saat auch gleichmäfsiger auf bedeckten Beeten. Das Unkraut wuchert nicht so stark und kann, da es oberflächlicher im lockeren Boden wurzelt, leichter und vollständiger vertilgt werden.

In dem porösen Material der Decke erzeugen die starken Luftschwankungen zwischen Tag und Nacht starke Taubildung; der abfliefsende Tau kommt dem darunterliegenden Boden zugute und befördert seine Gare. Benutzt man Lohe in 1 bis $1^1/_2$ Zoll Höhe, so bietet dieselbe im Winter den Saatbeeten eine Decke und im Frühjahr Schutz vor dem Eindringen der Fröste und vor dem Zerklüften des Bodens.

Bei Samen- und kleinen Pflanzbeeten wird man gut tun, im Juni oder Juli zu begiefsen. Im August wird behackt, und wenn die Lohe zu tief unter die Erde kommen sollte, werden nachher die Blöfsen mit neuer Lohe bedeckt. Gegen die dabei unvermeidlichen Maikäfer helfen Lockhaufen aus aufgeschichteter, sich erwärmender, feuchter Lohe. In diese Haufen legen die Maikäfer ihre Eier, und diese Haufen werden mit einem Teil der darunterliegenden Erde auf den Wagen geladen und mit Braunkohlenasche, Kalk, Gips und organischen Abfällen zu einem Komposthaufen verarbeitet, der nach ein bis zwei Jahren auch die Engerlinge zum Absterben bringt. — Ein Verfahren, das schliefslich hier noch Erwähnung finden dürfte, ist das

[1]) Wollny, E., Über den Einflufs des Winterfrostes auf die Fruchtbarkeit der Ackererden. Biedermann's Centralbl. 1902, S. 301.

Aufeggen.

Über das Aufeggen der Wiesen teilt ANDEREGG[1]) sehr beachtenswerte Ergebnisse mit. Eine Wiese von gleichmäfsiger Bodenbeschaffenheit und Benarbung wurde in vier gleich grofse Parzellen geteilt; dieselben ergaben

1.	nicht geeggt und nicht gedüngt	377	kg Heu
2.	„ „ aber gedüngt	833	„ „
3.	geeggt und nicht gedüngt	770	„ „
4.	„ „ gedüngt	1563	„ „

Das Aufeggen der Wintersaaten öffnet nicht nur den verkrusteten Boden wieder, sondern erhöht auch wesentlich die Bestockung. Direktor CONRADI[2]) weist jedoch mit Recht darauf hin, dafs die Egge nur dann brauchbar sein wird, wenn die Kruste nicht allzu dick ist und der Boden nicht zu bindig erscheint. Auch mufs man, wenn eine Verkrustung im Frühjahr vorauszusehen ist, eine verstärkte Aussaat eintreten lassen, da das Aufeggen Pflanzen vernichtet, also der Pflanzenbestand verdünnt wird. Darum ist das Aufeggen auch lediglich zur Auflichtung von Saaten sehr anwendbar. Die Vergröfserung des Standraumes für die stehengebliebenen Pflanzen bedingt eine erhöhte Lichtzufuhr zu den Basalknoten und die Erweckung der Seitentriebe, sobald diese Knoten durch die von der Egge angehäufelte Erde auch feucht erhalten und vor zu schneller Verholzung geschützt werden. Wenn die Erde bei dem Eggen nicht genügend krümelt, mufs die Walze, am besten die Ringelwalze, nachhelfen. Die Walze wird sogar in der Mehrzahl der Fälle der Egge folgen müssen, einerseits darum, weil bei bindigeren Böden die vollständige Krümelung durch die Egge nicht gelingt und anderseits, weil es erforderlich ist, dafs die aufgerissene Erde an die Basis der Pflanzen wieder angedrückt werde. Der günstigste Zeitpunkt für diese Eggenarbeit hängt von der Entwicklung der Pflanze und dem Wassergehalt des Bodens ab. Sind die Pflanzen schon zu weit herangewachsen oder herrscht anhaltend trockne Witterung, dann sollte das Eggen unterbleiben oder im letzteren Falle doch niemals ohne nachfolgendes Walzen ausgeführt werden.

Es dürften hier auch einige Worte über die Bedeutung der Steine im Boden am Platze sein. Die Untersuchungen von WOLLNY[3]) haben in dieser Beziehung gezeigt, dafs bei hoher und konstant bleibender Lufttemperatur (während der wärmeren Jahreszeit) der mit Steinen bedeckte und gemischte Boden um ein Geringes wärmer als der von Steinen befreite ist. Bei sinkender Temperatur findet ein umgekehrtes Verhältnis statt. Während des täglichen Minimums der Bodentemperatur ist der steinhaltige Boden meistenteils kälter und während des Maximums wärmer als der steinfreie Boden. Betreffs der Feuchtigkeitsverhältnisse erwies sich die mit Steinen bedeckte Ackererde während der wärmeren Jahreszeit feuchter als unbedeckter Boden von sonst gleicher Beschaffenheit; der mit Steinen bedeckte Boden läfst gröfsere Wassermengen hindurchsickern als der unbedeckte.

---

[1]) Illustr. landw. Vereinsblatt 1880, Nr. 8; cit. in Biederm. Centralbl. f. Agrik.-Chemie, 1880, S. 693.

[2]) Aus „Der praktische Landwirt“ in Fühling's landw. Zeit., 1880, S. 151.

[3]) WOLLNY, Fühlings landw. Zeit. 1880, S. 314.

Kalken, Mergeln, Gipsen.

Die Bedeutung des Kalkes beruht sowohl in seiner chemischen Wirkung als direkter Nährstoff, als auch in den die mechanische Bodenbeschaffenheit ändernden Eigenschaften. Abgesehen von der Begünstigung der Krümelstruktur ist hervorzuheben, dafs in Tonböden der Kalk die Silikate angreift und lösliche Kaliumverbindungen frei macht. Durch schnellere Zerstörung der organischen Substanzen bringt er die Humusstoffe besser zur Verwesung.

Betreffs der technischen Ausführung des Kalkens wird empfohlen, den gebrannten Kalk in Körben so lange unter Wasser zu halten, bis keine Luftblasen mehr aufsteigen (etwa drei bis vier Minuten) und dann die Stücke auf einen Haufen zu schichten. Sie zerfallen (löschen sich) von selbst — und der Kalkstein, der durch das vorhergegangene Brennen seine Kohlensäure verloren, wird nun ein weifses Pulver aus Calciumhydroxyd ($Ca(OH)_2$) und stellt als solches den gelöschten Kalk dar, der sich in 730 Teilen kalten, aber erst in 1300 Teilen kochenden Wassers löst (Kalkwasser). 100 Teile gebrannter Kalk entsprechen 132 Teilen gelöschten Kalkes.

Das Kalkpulver ist bei windstillem Wetter recht regelmäfsig mit der Hand oder einer passenden Schaufel über den Acker zu verteilen. Man tut gut, es im Herbste auf die Stoppel zu streuen und dann flach unterzuackern; mufs man bis zum Frühjahr warten, dann streue man möglichst zeitig vor der Saat, sobald der Boden abgetrocknet ist. Schwächere Dosen (15 bis 30 Zentner pro Hektar) in etwa fünfjähriger Wiederholung empfehlen sich mehr als einmalige starke Kalkung, weil durch letztere die Humuszersetzung eine so heftige wird, dafs die nachfolgende Erntesteigerung auf Kosten späterer Produktion stattfindet. Man sagt in der Praxis, Kalkboden sei ein zehrender Boden, weil er wegen seiner die Verwesung begünstigenden Eigenschaften den tierischen Dünger schnell verzehrt.

Natürlich hängt das Quantum des Kalkes vom Boden ab; am meisten wird der zähe Tonboden vertragen, während man auf einem armen Sandboden am vorsichtigsten sein mufs. Ganz kraftlose oder an stehender Nässe leidende Böden darf man nicht kalken. Die am schnellsten in die Augen springenden Resultate wird ein kalkarmer aber humoser Boden liefern, auf dem Sauerampfer (*Rumex acetosella*) auf Kalkmangel hinweist. Hier wird der Kalk vorzüglich als Pflanzennährstoff wirken.

Wenn man örtliche Kalklager verwendet, also etwa Wiesenkalk oder Ton- und Lehmmergel oder sogenannte Abfallkalke (Gaskalk, Kalkschlamm, Kalkasche), ist es unbedingt empfehlenswert, die Massen vor der Anwendung zum Zerfallen durchlüften oder besser noch durchfrieren zu lassen. Bei Abfallkalken überzeuge man sich vorher durch einen kleinen Versuch, ob sich keine schädlichen Nebenwirkungen herausstellen. Nach den Versuchen von Hoffmann[1]) ist zu berücksichtigen, dafs Kalidüngung um so weniger vernachlässigt werden darf, je mehr man Kalk zuführt. Bei Stallmistdüngung ist es gut, den Kalk längere Zeit vor dieser in den Boden zu bringen. Knochenmehl vermeide man auf kalkhaltigen Böden; desgleichen ist es auch nicht ratsam, Ammoniak und Superphosphat-Ammoniak zu gleicher Zeit mit

[1]) Mitteilungen der Deutsch. Landwirtschafts-Ges. 1905, S. 367.

Kalk unterzubringen. Auf bindige, tonige Böden gehört gebrannter, gemahlener Kalk, auf die besseren Lehmböden Stück- oder gelöschter Kalk.

Betreffs des Kalkbedürfnisses der einzelnen Fruchtgattungen erwähnt HOFFMANN, dafs zwar die Hülsenfrüchte im allgemeinen als die für Kalkdüngung dankbarsten zu bezeichnen sind, dafs aber Lupinen und Serradella als kalkfeindlich gelten; auch Wicken vertragen nicht gut eine unmittelbare Kalkung oder Mergelung.

Auch bei dem Mergeln ist der Kalk das wirksamste Prinzip, und daraus ergibt sich schon, dafs ein toniger und humusreicher Boden das Mergeln besser verträgt als magerer Sandboden, der wiederum von Tonmergel mehr als von Kalk- oder Sandmergel bekommen kann. Das zum Teil gefürchtete „Ausmergeln" wird nur dann eintreten, wenn man mit der Stallmistdüngung in Rückstand bleibt. Letztere ist aber für alle Bodenarten und speziell für die schweren Böden unerläfslich zur Erhaltung leistungsfähiger Äcker. Keine Mineraldüngung kann Stallmist ersetzen.

Der Einflufs, den der im Mergel auf den Acker gebrachte kohlensaure Kalk auf die Verwesung der humosen Stoffe ausübt, wird sehr deutlich durch die Versuche von PETERSEN[1]) illustriert. Derselbe bestimmte die durch den Verwesungsprozefs in verschiedenen Bodenarten entstehende Kohlensäure ohne und mit Zusatz von kohlensaurem Kalk. Bei Anwendung eines als vollkommen unfruchtbar bezeichneten, schweren Tonbodens mit 1,98 % Humus und 36 % seiner wasserfassenden Kraft an Wassergehalt erhielt er in 16 Tagen 0,07 % vom Gewicht des trockenen Bodens an Kohlensäure; dagegen ergab derselbe Boden unter denselben Verhältnissen bei Zusatz von 1/2 % kohlensauren Kalkes, der als Mergel dem Ton beigemischt worden war, 0,20 % Kohlensäure oder

pro Liter trocknen Bodens ohne Zusatz von		Kalk	0,9153 g
mit	„	„ 1/2 % „	2,6167 „

Eine Laubholzerde von stark saurer Reaktion mit 58 % Humus und 30 % der wasserhaltenden Kraft an augenblicklichem Wassergehalt ergab ohne und mit Zusatz von 1 % kohlensaurem Kalk (wobei die Erde noch sauer reagierte) nach 16 Tagen: ohne Kalkzusatz pro Liter trockenen Bodens 0,8911 g, mit Zusatz von 1 % kohlensaurem Kalk 3,386 g. Bei Zusatz von 3 % kohlensauren Kalkes lieferte der Boden 5,3476 g Kohlensäure, während die dazu gehörige kalklose Vergleichsreihe nur 0,9664 g CO_2 erzeugte. Der Kalkzusatz hatte somit eine drei- bis viermal so grofse Kohlensäureproduktion, also Humuszersetzung hervorgerufen, gegenüber dem Boden im ungemergelten Zustande.

HEIDEN in Pommritz fafst die Wirkung des Mergelns dahin zusammen: Die chemische Wirkung des Mergels beruht vor allem in dem Gehalte desselben an kohlensaurem Kalke und besteht in beschleunigter Zersetzung der organischen Bodenbestandteile, in der Bindung der dem Pflanzenwachstum so schädlichen freien Säuren, in Verwandlung des Eisenoxyduls in Oxyd, in Vermittlung der Absorption der basischen Nährstoffe durch den Boden. Die Basen werden im Boden als wasserhaltige Silikate und als humussaure Salze festgehalten: bei der Absorption der Basen durch die Humuskörper müssen diese

[1]) Jahresbericht f. Agrik. 1870/72 Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. 13, S 155.

Basen an Kohlensäure gebunden vorhanden sein. Die Vermittlung der Bildung von kohlensauren Salzen bewirkt der Kalk. Es werden ferner die mineralischen Bestandteile des Bodens zersetzt, wodurch die basischen Nährstoffe frei und für die Pflanze aufnehmbar gemacht werden. Nicht jeder Mergel pafst auf jeden Boden; der Tonboden mufs womöglich einen Kalk- oder Sandmergel erhalten.

Gegenüber diesen indirekten Vorteilen zeigt sich die direkte Wirkung des Mergelns in der Zufuhr von Kali, löslicher Kieselsäure, Magnesia, Phosphorsäure, die aufser Kalk in jedem Mergel vorhanden sind.

Einige Worte seien hier auch über das Gipsen angeführt. Bekannt sind die Worte FRANKLIN'S „this has been plastered“, die derselbe mit Gips auf das Kleefeld schrieb, um seinen Landsleuten das übrigens schon den Römern (KNOP, Kreislauf des Stoffes) und Griechen als vorteilhaft bekannte Verfahren zu empfehlen. Nach den Versuchen von KNOP, DÉHÉRAIN und LIEBIG macht eine Gipslösung in Böden, die absorbiertes Kali enthalten, dasselbe als schwefelsaures Salz frei, während sich Kalk niederschlägt. Die von der Praxis empfohlene Methode, den Gips auf frisch betaute oder beregnete Kleepflanzen aufzustreuen, erklärt sich dadurch als vorteilhaft, dafs auf den nassen Pflanzen schon eine Gipslösung entsteht, die von der Pflanze abtropft und sofort in der nächsten Nähe der Wurzeln wirksam werden kann. Sie wird dann schnell für die Bakterienflora vorteilhaft, da die Untersuchungen von PICHARD[1]) u. a. dartun, dafs Gips und andere Sulfate (von Kalium und Natrium) auf den Nitrifikationsprozefs einen höchst günstigen Einflufs ausüben. Gips ist in ungebranntem Zustande zu verwenden, und zwar für Klee oder auch für Lupinen zu 2—5 Zentner pro Morgen im Frühjahr.

Wenn oben von dem die Verwesung begünstigenden Einflusse des Kalkhydrats oder Kalkkarbonats gesprochen worden ist, so mufs noch hervorgehoben werden, dafs nach den Arbeiten von WOLLNY[2]) dieser Vorteil nur bei dem bereits in Zersetzung übergegangenen und schon Humussäuren enthaltenden Material aufzutreten scheint, während der Kalkzusatz auf unzersetzte organische Substanz die Verwesung eher verzögert. Dies gilt speziell auch für das Calciumsulfat (Gips), das als Konservierungsmittel für tierischen Dung in Betracht kommt. In einem Gemisch aus Quarzsand (300 g), Torfpulver (5 g) und 60 ccm Wasser fand WOLLNY[3]):

	Volumen Kohlensäure in 1000 Volumen Bodenluft		
	ohne Gipszusatz	mit	
		0,05 g	0,1 g Gips,
CO_2	3,194	3,029	2,713

Die Beigabe von Gips hatte sonach den Verlust an organischer Substanz und auch an Stickstoff herabgedrückt, also einen hemmenden Einflufs auf die Verwesung ausgeübt. Über die Anwendung von Kalkverbindungen als Gegenmittel gegen Krankheiten, bei denen Stickstoffüberschufs in Betracht kommt, wird bei den einzelnen Krankheitsfällen gesprochen werden.

---

[1]) Annales agronomiques X, p. 302.

[2]) WOLLNY, E., Die Zersetzung der organischen Stoffe usw. Heidelberg, Carl Winter, 1897. S. 133 ff.

[3]) Journal f. Landwirtschaft, 1886, S. 263.

3. Die Nachteile der Heideböden.

Die Säuren im Boden.

Als Heiden erklärt RAMANN[1]) die Formationen feuchterer Gebiete der gemäfsigten Zonen, in denen nährstoffarme, sauer reagierende Böden von zwerghaften Sträuchern, Halbsträuchern, Gräsern, Moosen und Torfmoosen, sowie Flechten bedeckt sind.

Es handelt sich hier um die freien Humussäuren, welche die saure Reaktion des Bodens verursachen. Bei der Zersetzung der organischen Substanz im Boden, wobei aufser Bakterien auch Mycelpilze sicher einen Teil der Arbeit übernehmen (*Cephalosporium*, *Trichoderma* usw. nach KONING)[2]), werden Säuren gebildet. Es entstehen Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure usw., die in gut durchlüfteten Böden bald wieder zersetzt werden. Aufserdem aber bilden die Humussubstanzen die noch wenig erkannte Quellsäure mit ihren Salzen (Krenate), die in Böden und Wässern reichlich verbreitet, eine gelb gefärbte, stark sauere Lösung darstellt und zu einer amorphen Masse eintrocknet. Während die Salze der Alkalien und alkalischen Erden löslich sind, bleibt ihr Eisenoxydsalz unlöslich. Bei Luftzutritt entsteht aus ihr Quellsatzsäure (Apokrensäure), deren Salze schwer- oder unlöslich sind. Diesen Säuren und ihren Verbindungen darf man einen grofsen Einflufs auf die Verwitterung und den Transport der angreifbaren Mineralstoffe zuschreiben[3]). Rohhumus, Torf und andere stark sauer reagierende Bodensubstanzen verlieren auch nach längerem Lagern an der Luft nur einen Teil ihrer Säure. Da auch gut durchlüftete Waldböden oft saure Reaktion zeigen, so geht daraus hervor, dafs eine mangelhafte Oxydation nicht oder doch nur manchmal die Entstehung der Bodensäuren veranlafst. Wir werden wohl auch hier die Arbeit bestimmter Bakterien als Ursache dieser Säurebildung anzusehen haben. Freie Säuren fehlen oft in reichen Böden; ärmere Heideböden sind reich daran und verarmen noch mehr, weil durch die freien Säuren weitgehende Auswaschungen und Verwitterungsprozesse fortwährend stattfinden.

Betreffs der Empfindlichkeit unserer Kulturpflanzen gegen freie Säuren zitiert RAMANN die Versuche von MAXWELL[4]), der mit $^1/_{10}$ und $^1/_{50}$ prozentiger Lösung von Citronensäure experimentierte. Er fand, dafs alle Cruciferen schnell, die Papilionaceen langsamer zugrunde gingen. Die Getreidearten litten stark; nur Perlhirse und Mais widerstanden. Bezüglich der Humussäuren liegen Erfahrungen von TOLF vor, wonach die Keimlinge im sauren Moorboden leiden. Im sauren Moor wird die Diffusion der Salzlösungen stark aufgehoben. Nach REINITZER und NIKITINSK sind reine Humussäuren zur Ernährung von Bakterien und Fadenpilzen ungeeignet; dagegen vermögen die meisten höheren Pflanzen einen mäfsigen Gehalt an diesen Säuren zu ertragen. Aus unseren Kulturen von Eriken, Azaleen, Rhododendron und anderen Ericaceen in Heideerde erfahren wir, dafs eine Anzahl von Pflanzen an saure Böden sogar direkt angepafst erscheint.

Die dunkel gefärbten Humusteile bestehen überwiegend aus Humin

---

[1]) RAMANN, Bodenkunde, II. Aufl. Jul. Springer. 1905.
[2]) KONING, Arch. néerland. sc. ex. et nat. 1902 II), 9, S. 34.
[3]) RAMANN, a. a. O. S. 144.
[4]) Journ. amer. Chem. Soc. 1898, 20, S. 103.

und Huminsäure (Ulmin nach MULDER). Die Humusstoffe mufs man als ein Gemenge einander nahestehender Körper mit und ohne Stickstoff ansprechen, die man nach ihrem Verhalten zu Alkalien in zwei Gruppen scheiden kann: die braunen, in den verschiedensten Lösungsmitteln unlöslichen Huminstoffe quellen mit alkalischen Flüssigkeiten auf und gehen allmählich in Humussäuren über. Die in ihrer chemischen Zusammensetzung ungenügend bekannten, etwa 59 bis 63 % C und 4,4 bis 4,6 % H, sowie 35 bis 36 % O enthaltenden Humussäuren lösen sich leicht in Alkalien und werden aus ihren Lösungen durch stärkere Mineralsäuren wieder ausgefällt. Wenn man sie aus sauren Böden (Moorböden) mit Alkalien oder Ammoniak auszieht und mit Salzsäure ausfällt, erhält man eine voluminöse gallertartige Masse, welche beim Trocknen braune oder schwarze, amorphe Stücke bildet. Beim Gefrieren werden die Humussäuren aus ihrer Lösung als dunkelgefärbtes Pulver abgeschieden, das allmählich wieder in Lösung übergeht. RAMANN betont, dafs die Humussäuren in reinem Wasser etwas löslich sind, nicht aber in salzhaltigem. Die Salze der Alkalien und des Ammoniaks mit den Humussäuren sind in Wasser löslich, aber nicht die der alkalischen Erden (Kalk und Magnesia); doch scheinen letztere bei Gegenwart überschüssiger Säuren auch löslich zu werden. Humussaurer Kalk wird schnell durch Verwesung in kohlensauren Kalk übergeführt, der neue Mengen von Humussäuren zu binden vermag.

Der Stickstoffgehalt der humosen Substanzen ist durchschnittlich in trockenen Gebieten gröfser als in feuchten. Durch die fortschreitende Verwesung wird der in organischer Bindung den Pflanzen schwer zugängliche Stickstoff in leichter aufnehmbare Verbindungen übergeführt.

Rohhumus.

Vorteilhaft und unentbehrlich ist der Humus nur dann, wenn er in seinen reinen Lagern oder seinen Mischungen mit dem mineralischen Bodengerüst einer ständigen Durchlüftung neben genügender Befeuchtung zugänglich ist. Seine Haupteinwirkung auf das Pflanzenwachstum besteht nicht in seinem Nährstoffgehalt und der mineralienlösenden Kohlensäure bei seiner Verwesung, sondern in seinen physikalischen Eigenschaften.

Wenn man den Humus mit festen Bodenarten vermengt, lockert man sie und macht sie wärmer und leichter bearbeitbar. In Sandböden wirkt der Humus festigend und steigert die Wasserkapazität, wodurch die Temperaturschwankungen weniger schroff werden. Diese fördernden Eigenschaften, die sich bei der Mischung mit den mineralischen Bodenbestandteilen ergeben, schwinden, sobald der Humus in einer geschlossenen Schicht dem Boden auflagert, also nicht durch reichliche Verwesung und die Arbeit von Mikroorganismen gekrümelt ist. In geschlossen auflagernden Humusdecken ist der Gehalt an freien Säuren fast immer ein bedeutender. Diejenigen Waldböden sind die besten, in denen die Humussubstanzen am schnellsten zersetzt und verarbeitet werden. In warmen Klimaten geht die Arbeit am lebhaftesten vor sich.

Bei günstiger Humuszersetzung sehen wir in Waldböden die lockeren Waldabfälle, welche die Streuschicht darstellen, von geringer Mächtigkeit und in unmerklichem Übergange zu einer gekrümelten, stärker zersetzten, strukturlosen Humuslage. Fehlen in einer Gegend

die die Verwesung begünstigenden Faktoren, dann erhalten sich die Streuschichten, sinken nur allmählich zusammen und werden zu einer festen, faserigen, humosen Masse, die dem Unterboden aufgelagert und mehr oder weniger scharf von ihm getrennt bleibt. Solche Fälle lassen sich in armen, namentlich Ortstein führenden Sandböden beobachten.

Dieser Prozeſs, bei dem also die organische Substanz keine erdige Beschaffenheit erlangt, wird überall da auftreten, wo ungünstige Verwesungsbedingungen vorhanden sind, also z. B. bei Abschluſs der Luft durch Wasser oder umgekehrt durch zu groſse Trockenheit in der heiſsen Jahreszeit oder in dauernd starken Winden ausgesetzten Lagen.

Am meisten geneigt zur Bildung derartig faseriger und wenig erdiger Humusschichten, deren unzersetzte Bestandteile in dichter Masse dem Boden sich auflagern und auf diese Weise den sog. „Rohhumus“ darstellen, sind unsere Waldbestände, wo Heidekraut (*Calluna vulgaris*), Preiſsel- und Heidelbeeren (*Vaccinium*), die Pterisund Aspidiumbüsche und die polsterbildenden Moose wachsen. Die obere Schicht solcher Rohhumuslagen zeigt noch die in ihrer Struktur erhaltenen Pflanzenabfälle miteinander verwebt; die tiefere Lage, bei der die Pflanzenteile nur noch wenig im einzelnen unterscheidbar sind, stellt eine faserige, dunkle, von Wurzeln durchsponnene, humose Substanz dar. In feuchten Buchen-, Kiefern- und Fichtenbeständen kann solcher Rohhumus torfartig werden.

Über die Veränderung des Bodens unter einer Rohhumusdecke äuſsert sich Ramann (a. a. O. S. 162) dahin, daſs auſser dem Luftabschluſs namentlich die Humussäuren den schädlichen Faktor bilden. Diese wirken auf die unverwitterten Silikate energisch zersetzend, bringen Alkalien und alkalische Erden in Lösung und geben, da zugleich die Absorption des Bodens in sauren Lösungen gering ist, Veranlassung zur Auswaschung des Bodens, also zur Wegführung der löslichen Stoffe in gröſsere Tiefen. Wenn Rohhumus auf Sandböden liegt, erscheinen die Körner der obersten Schicht stark ausgebleicht und milchweiſs, die eingemischten Silikatgesteine stark verwittert und meist in weiſses Kaolin umgewandelt. Die an der Oberfläche noch reichlich vorhandenen humosen Beimischungen nehmen nach der Tiefe hin immer mehr ab, so daſs der Boden eine hellgraue Farbe zeigt und nach dieser Färbung als Grau- oder Bleisand bezeichnet wird.

Unterhalb dieser hellgefärbten Schicht findet man in scharfer Trennung von derselben einen gelb bis braun aussehenden Boden, der allmählich in den tieferen Lagen heller wird. Hier zeigen die Sandkörner Beimengungen von Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat. Darauf folgt der noch wenig durch Verwitterung angegriffene weiſse, rohe Sand. Die oberste humose Bodenschicht erweist sich nun als die am stärksten verwitterte und durch Auswaschung verarmte Lage. Wenn die Auswaschung einer solchen obersten Bodenlage durch den Einfluſs des aufgelagerten Rohhumus bis zu einem gewissen Grade vollendet ist, muſs die Einwirkung der Bodensalze auf die löslichen Humussäuren aufhören; die Säuren bleiben nun in Lösung und können in tiefere Bodenschichten vordringen. Kommen sie dann wieder in Berührung mit löslichen Salzen, werden sie zur Ausfällung gebracht und überziehen zunächst die einzelnen Bodenkörner mit einer strukturlosen Schicht organischer Stoffe. Unter dem Mikroskop fand ich die Sandkörner mit braunen, landkartenähnlichen Zeichnungen bedeckt. Wenn

dieser Vorgang andauert, verkitten schliefslich die ausgeschiedenen organischen Substanzen die einzelnen Sandkörner zu zusammenhängenden Schichten unterhalb des Bleisandes: es ist Ortstein entstanden.

Ortstein.

Nach der im vorigen Abschnitt gegebenen Erklärung RAMANN's über die Entstehung des Ortsteins ist dieser also ein Humussandstein. Derselbe kommt in verschiedenen Formen vor, und zwar zunächst als „Branderde“ oder „Orterde“, die eine weiche, zerreibliche Form darstellt und grofsen Gehalt an organischen Massen aufweist; sie bildet sich in reichen Böden, welche noch wenig ungünstig verändert sind. Der eigentliche Ortstein ist eine feste, steinartig harte Masse, die auf noch zerreiblichen oder losen Bodenschichten auflagert, einen mittleren Gehalt an organischen Stoffen und eine braune bis schwarze Farbe besitzt. Es ist dies die in Norddeutschland verbreitetste Form (Lüneburger Heide). Aufserdem gibt es noch heller braun gefärbten Ortstein, der sehr fest und zähe ist und nur geringe Mengen von organischen Stoffen besitzt. Diese ist die härteste, der Bodenbearbeitung am meisten Widerstand leistende und nicht selten in grofser Mächtigkeit auftretende Form.

Zur Beurteilung der Auslaugungsvorgänge diene eine Analyse, welche GRAEBNER[1]) aus RAMANN's Arbeit (Die Waldstreu, Berlin 1890, S. 30) entlehnt hat. Der Ortsteinboden in der Oberförsterei Hohenbrück in Pommern enthielt in seinen verschiedenen Schichten:

a) Bleisand, der 15 bis 20 cm Mächtigkeit besafs und 1,05 % organischer Stoffe enthielt[2]):

	in Salzsäure löslich		Der Rückstand in Salzsäure unlöslich
Kali	0,0076	Prozent des Bodens	0,618
(Natron	0,0111		0,167)
Kalk	0,0110		0,060
Magnesia	0,0026		0,020
(Manganoxyduloxyd	0,0032		0,060)
Eisenoxyd	0,0964		0,450
Tonerde	0,0268		1,650
Phosphorsäure	0,0058		0,043
Gesamtgehalt ausschliefslich Kieselsäure	0,1646		2,068

b) Ortstein, 5 bis 8 cm mächtig mit 7,28 % organischer Stoffe:

Kali	0,0178	0,754
(Natron	0,0033	0,360)
Kalk	0,0194	0,170
Magnesia	0,0137	0,028
(Manganoxyduloxyd	0,0044	0,047)
Eisenoxyd	0,1936	0,690
Tonerde	1,5266	2,320
Phosphorsäure	0,2956	0,042
Mineralstoffe ausschliefslich Kieselsäure	2,0744	4,411

[1]) PAUL GRAEBNER, Handbuch der Heidekultur. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1904. S. 194.

[2]) RAMANN gibt in seiner „Bodenkunde“ 1905, S. 166, dieselben Analysen ohne die hier in Klammer gestellten Bestandteile wieder.

c) Der unter dem Ortstein liegende gelbbraune Sand:

	in Salzsäure löslich		Der Rückstand in Salzsäure unlöslich
Kali	0,0085	Prozent des Bodens	1,103
(Natron	0,0213		0,528)
Kalk	0,0254		0,225
Magnesia	0,0401		0,064
(Manganoxyduloxyd	0,0068		0,026)
Eisenoxyd	0,3448		0,760
Tonerde	0,4000		3,210
Phosphorsäure	0,0281		0,043
Mineralstoffe ausschliefslich Kieselsäure	0,0895		5,938

Wir ersehen aus vorstehenden Zahlen, dafs der Bleisand nicht nur seinen Gehalt an löslichen Stoffen durch Auslaugung verloren hat, sondern dafs auch der gröfste Teil der überhaupt Nährstoffe enthaltenden Gesteinsreste durch Verwitterung zersetzt und abwärts gespült worden ist.

Es ist also Tatsache, dafs gewisse Bodenschichten in Wäldern und (den meist aus solchen Bodenschichten hervorgegangenen) offenen Heiden verarmen. Wirtschaftlich bedeutungsvoll wird dieser Vorgang, wenn der Verarmungsprozefs die Nährstoffzufuhr übersteigt, welche durch die Verwitterung und den jährlichen Laubfall geliefert wird.

Vom eigentlichen Ortstein zu unterscheiden ist der Raseneisenstein; letzterer ist in einer Säurelösung, namentlich Salzsäure, unlöslich, während Ortstein sich reichlich auflöst.

Namentlich in den humosen Heideböden, wo die Rohhumusablagerung zur Ortsteinbildung führt, werden zwei Hauptschädigungsfaktoren in Betracht kommen: der Sauerstoffmangel durch die Bodenverdichtung und der Gehalt an Humussäuren. Über die Vorgänge bei Sauerstoffabschlufs ist bereits an anderer Stelle (z. B. S. 99) berichtet worden. Hier haben wir nur noch die Humussäuren in Betracht zu ziehen. Diesem Punkte widmet Graebner[1]) die erwünschte Aufmerksamkeit. Anknüpfend an die Untersuchungen von Wolf[2]), der das Welken der Blätter und deren schliefslichen Tod infolge des Aufenthaltes der Pflanzenwurzeln in einem mit Kohlensäure übermäfsig beladenen Wasser beobachtete, citiert er die zu gleichen Resultaten führenden Versuche von Maxwell[3]) über die Citronensäure und von Tolf und Blank über die Humussäuren; daran schliefst eine Äufserung von Ramann über die Ursache, weshalb eine verlangsamte Diffusion in sauren Böden stattfindet. Es kann nämlich entweder die colloidale Beschaffenheit der Moorsubstanzen die Diffusionsfähigkeit herabdrücken, und es werden durch Neutralisieren mit Kalk die colloidalen Stoffe ausgefällt, oder es liegt eine direkte Wirkung der Humussäuren vor. Bedenkt man die Erfahrungen über den Einflufs geringer Steigerungen von Säuren auf das Protoplasma[4]), dessen Strömung dadurch sistiert wird, so wird man als Hauptsache wohl die direkte Säurewirkung betrachten müssen. Es liegen auch spezielle Beweise darüber vor, dafs die Transpiration durch

[1]) A. a. O. S. 228.
[2]) Tagebl. Naturf. Vers., Leipzig 1872.
[3]) Journ. Ann. Chem. Soc. XX (1898), S. 103.
[4]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie II. Bd., 1904, S. 798.

Säuren (Weinsäure, Oxalsäure, Salpeter- und Kohlensäure usw.) verlangsamt, durch Alkalien (Kali, Natron, Ammoniak) beschleunigt wird [1]). Man kann also mit SCHIMPER sagen, daſs die Pflanzen in stark saurem Boden an physiologischer Trocknis leiden werden, selbst wenn viel Wasser vorhanden ist. Nun kommt hinzu, daſs die groſse, wasserhaltende Kraft des Humus das mechanische Abreiſsen des Wassers von den Bodenpartikelchen weit mehr der Wurzel erschwert, als wenn sie in Sandboden wüchse. Man sieht Pflanzen in Torfboden oder Lehmboden schon bei einem Prozentsatz an Wasser welken, bei welchem sie in Sandboden noch vollständig frisch bleiben, wie die Versuche von SACHS [2]) bereits dargetan haben.

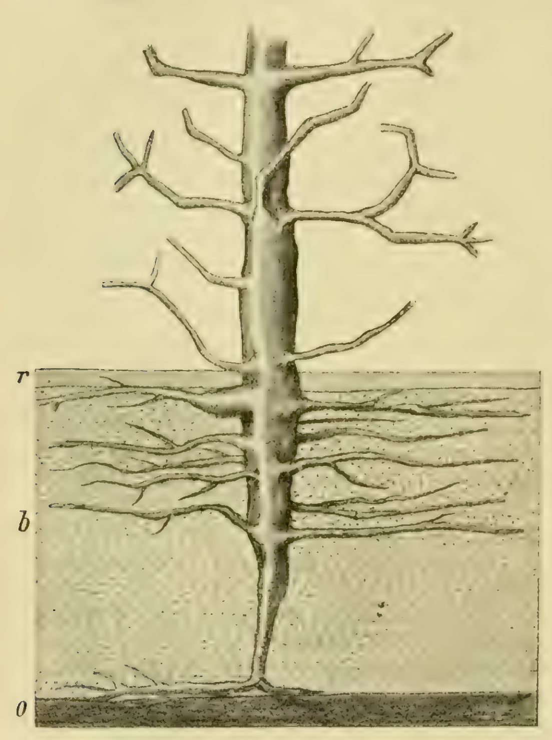


Fig. 29. Ortsteinkiefer aus der Lüneburger Heide, nach der Bildung des Ortsteins erwachsen. *r* Rohhumus, *b* Bleisand, *o* Ortstein. Unterhalb des Ortsteins beginnt der gelbe Sand. (Nach GRAEBNER.)

Zum Ausdruck gelangen alle diese Bodenschädigungen am meisten bei den Kiefernkulturen, welche GRAEBNER besonders eingehend behandelt [3]).

Er sah in Kiefernschonungen, welche einige Jahre leidlich gediehen waren, zunächst den Maitrieb noch normal sich entwickeln, dann aber plötzlich bei Eintritt der Sommertrocknis eine graugrüne Färbung annehmen. Wenn die Trockenperiode anhielt, begannen die Triebe sich zu krümmen; auch die vorjährigen Nadeln wurden stumpf und braun, und in vielen Fällen vertrockneten die Bäumchen in wenigen Wochen. Bei dem Nachgraben im Boden zeigte sich, daſs unter den Wurzeln oder um die noch ziemlich dünnen Wurzeln herum sich Ortstein gebildet hatte.

In Ergänzung seiner Beschreibung gibt GRAEBNER in den beistehenden Figuren ein Bild der Wurzelentwicklung auf Ortsteinböden. Wir sehen bei der in Figur 29 dargestellten Kiefer die kräftigsten und längsten Wurzeln unweit der Bodenoberfläche parallel zu derselben ausgebreitet, so daſs die Ernährung durch den Rohhumus und den nährstoffarmen Bleisand erfolgen muſs. Die Folge ist — da in nährstoffarmen Lösungen die Wurzelentwicklung gröſser als in konzentrierteren ist — ein weites

[1]) PFEFFER, Pflanzenphysiologie I. Bd., S. 231.

[2]) SACHS, Handb. d. Exp.-Physiol., Leipzig 1865, S. 173.

[3]) GRAEBNER, R., Handbuch der Heidekultur, Leipzig 1904, W. Engelmann, S. 231

Ausgreifen der Wurzeläste, die im vorliegenden Falle, wie GRAEBNER beobachtet hat, mehrere Meter lang und wenig verzweigt erscheinen; die oberirdische Achse ist dabei kaum einen Meter hoch. Die Nährstoffarmut im Verein mit dem im Bleisande leicht hochgradig werdenden Wassermangel sind die Ursache einer schliefslich eintretenden Gipfeldürre.

Fig. 30 zeigt das Wurzelwachstum einer Eiche. Die Eiche war, nachdem man die Ortsteinschicht künstlich durchbrochen hatte, gepflanzt worden. Aber die Ortsteinlage hatte sich später wieder geschlossen, und der von der Luftzufuhr nahezu abgeschlossene Wurzelteil in *g* hatte sein Wachstum fast eingestellt. An diesem Teile konnten keine oder fast keine Mykorhizen gefunden werden.

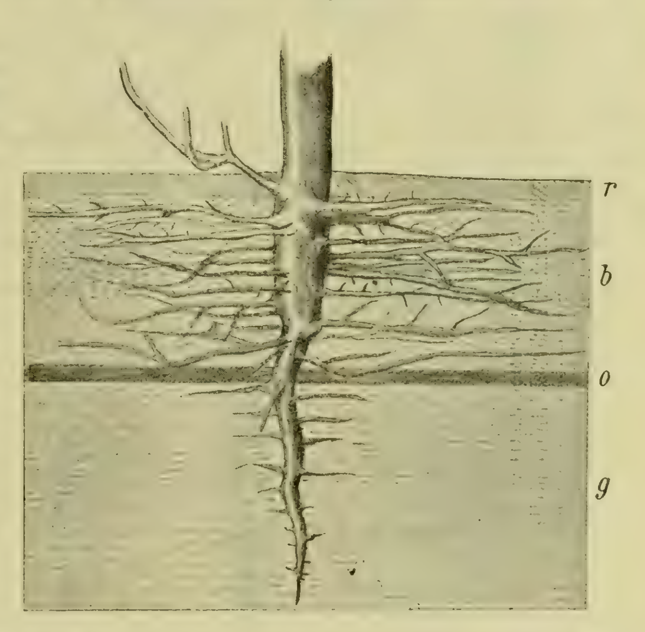


Fig. 30. Eiche aus der Lüneburger Heide nach Durchbrechung des Ortsteins gepflanzt. Die Ortsteinschicht hat sich später wieder geschlossen.
r Rohhumus, *b* eine 20 cm mächtige Bleisandlage, *o* Ortstein, *g* gelber Sand. (Nach GRAEBNER.)

An solche Erscheinungen knüpft GRAEBNER folgende Betrachtung. Wenn der Ortstein unterhalb der Wurzeln lagert, ist die über ihm liegende Erdschicht selbstverständlich grofsen Feuchtigkeitsschwankungen ausgesetzt und dorrt in Trockenperioden so stark aus, dafs die Pflanzen aus Wassermangel zugrunde gehen. In derartigen Fällen zeigen aber die Pflanzen, die ganz in dem Bleisande wurzeln, ein allmählich durch kurze, gelbe Nadeln sich kenntlich machendes, kümmerliches Wachstum. Wenn sich der Ortstein aber direkt um die etwa stricknadeldicken Wurzeln, die in den besseren Boden eingedrungen waren, herumlegt, dann prefst er sie und veranlafst knotige Anschwellungen. Dasselbe findet statt, wenn die Wurzeln durch eine Spalte in der Ortsteinlage in den besseren Untergrund gelangen. Solche mechanischen Einschnürungen stören das Weiterwachsen dieser Wurzeln. Der Baum ist also im wesentlichen auf den oberhalb der Ortsteinschicht liegenden Wurzelapparat angewiesen. Derselbe arbeitet während der Frühjahrsfeuchtigkeit normal und gestattet einen günstigen Frühjahrstrieb, mufs aber seine Arbeit einstellen, wenn ein heifser Sommer den Boden austrocknet. GRAEBNER sah die Wurzelspitzen schrumpfen und verharzen oder gänzlich absterben. Bei stärkeren Bäumen mufs nach Wiedereintritt von Feuchtigkeit Zeit und Material zur Neubildung von Wurzeln verwendet werden; dieser Zeit- und Stoffverlust macht sich bei dem Wachstum der oberirdischen Achse bemerkbar und veranlafst

im Verein mit den Folgen der Trockenperiode zum grofsen Teil das kümmerliche Wachstum der Heidekiefern. Sobald die Feuchtigkeitsverhältnisse nicht mehr so extremen Schwankungen unterworfen sind, was schon durch ein Vermengen des aufliegenden Rohhumus mit dem unterliegenden Sande geschieht, werden die Kulturen besser.

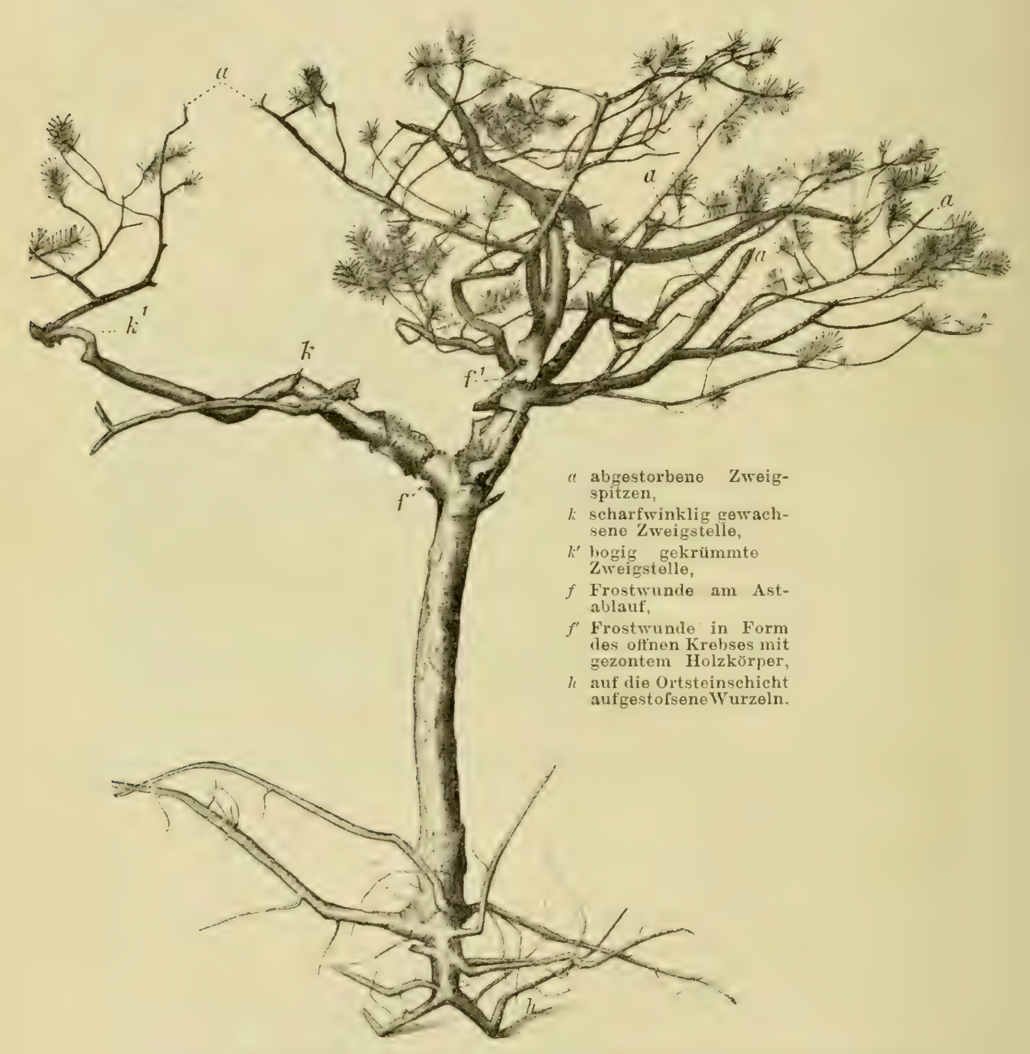


Fig. 31. Moorkiefer mit flachstreichenden Wurzeln aus der Lüneburger Heide. (Orig.).

Meist bildet sich bei Kiefern auf Hochmoorboden eine Krummschäftigkeit aus [1]). Doch geben diese Krüppelkiefern Samen, die nach Trockenlegung der Moore geradwüchsige Stämme liefern. Auch über *Pinus*

---

[1]) v. Sievers, Über die Vererbung von Wuchsfehlern bei *Pinus silvestris*. Forstl.-naturwiss. Zeitschr. 1896, Heft 5.

montana äufsern sich Schröter und Kirchner[1]), dafs dieselbe auf allzu nassen Stellen des Hochmoors in reduzierten Krüppelformen (Kusseln) auftrete, aber nach Bodenentwässerung sich erhole. Solche „Kusseln“ bildet unsere Kiefer auch auf nassen Wiesen. In den von mir beobachteten Fällen kam diese Wuchsform dadurch zustande, dafs die Gipfelknospe der Haupttriebe unter Insekten- und Pilzbeschädigung verharzt und nun unterhalb derselben sich eine Anzahl kurzbleibender Triebe (zum Teil Rosettentriebe) entwickelt.

Fig. 31 stellt eine 48jährige Kiefer dar, welche aus der Lüneburger Heide stammt und Herr Dr. Graebner mir freundlichst zur Verfügung gestellt hat. Die Höhe des ganzen Baumes einschliefslich der Krone betrug, vom Wurzelhals gemessen, 74 cm; Stammhöhe bis zum ersten Astansatz 39 cm; Stammumfang unterhalb des untersten Astes 8,3 cm; durchschnittliche Länge der Nadeln 2 cm.

Die Benadelung des ganzen Baumes ist eine äufserst spärliche. Es sind nur noch die Nadeln des letzten Triebes vorhanden; die älteren sind alle abgefallen. Die Zweige sind stellenweise stark verdickt und infolge von Frostbeschädigungen aufgeplatzt. Die senkrecht absteigende Pfahlwurzel ist bis zu ihrer horizontalen Umbiegung 8 cm, der stärkste horizontale Wurzelast 18 cm lang. Der Astwuchs ist sparrig, und die Zweige zeigen scharfe Knickstellen (*k*) und vielfach abgestorbene Spitzen (*a*). Die Knickstellen oder bogenartigen Krümmungen (*k'*) kommen dadurch zustande, dafs die Äste sowie der Hauptstamm einseitig krebsartige Frostwunden erhalten haben, und diesen auf der Gegenseite vermehrte Holzbildung und Streckung entspricht. Intensivere, mehr als halben Achsenumfang umfassende Frostwunden finden sich bei *f* und *f'*. In der Figur 32 ist die Stelle *f'* am Hauptstamm in natürlicher Gröfse wiedergegeben, um zu zeigen, wie, entsprechend dem „offnen Krebs“, die Wundfläche aus vielen, äufserst schmalen, terrassenartig zurücktretenden Überwallungsrändern der einzelnen Jahrgänge besteht.

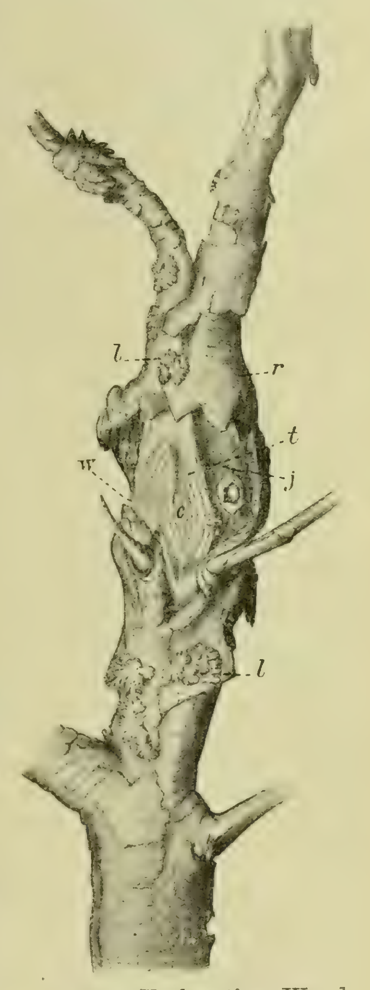


Fig. 32. Krebsartige Wundstelle der Moorkiefer.

c das (tiefstliegende) Wundcentrum: *t* terassenförmig ansteigende Wundränder, wobei die jüngsten, *j*, am stärksten gewulstet sind und die sie deckende alte Rinde, *r*, in sparrigen Stücken absprengen; *w* absterbender äufserster Wundrand: *l* Flechtenansiedlungen. (Orig.)

Dem sparrigen, dürftigen Zweigwuchs bei Fig. 31 entspricht ein ebenso sparriger Wurzelkörper, der seinem natürlichen Streben, mit der Hauptpfahlwurzel senkrecht abwärts zu gehen (vergl. Fig. 5 u. 6, S. 92).

[1]) Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, Heft III, 1905, S. 222.

nicht folgen konnte, sondern die Wurzeläste flach in den oberen Bodenschichten und den Moospolstern ausbreiten mufste. Die untersten Wurzeläste sind im scharfen Knick zum Teil aufwärts gebogen, wahrscheinlich weil sie auf eine Bodenschicht von Ortstein oder ähnlicher Undurchdringbarkeit gestofsen sind.

Sehr interessante Abbildungen von Krüppelformen der Kiefern, welche der *Pinus silvestris f. turfosa* Willk. entsprechen, gibt Weber [1]) in seiner eingehenden Studie über das Hochmoor von Augstumal im Memeldelta. Bei dieser Gelegenheit werden auch die Krüppelbirken beschrieben, deren Wurzeln wie diejenigen der Föhren stets eine vorzüglich entwickelte Mykorhiza erkennen liefsen. Der gewöhnlich nur wenige Centimeter dicke Stamm ist meist knorrig verbogen und unten mit einer rissigen Borke versehen, was bei so kleinen Bäumchen sehr auffällig ist. Dazu kommt, dafs diese kleinen, meist nur etwa 1,5 m hohen Birken eine gut abgesetzte Krone bilden. Die Hauptwurzel dringt durchschnittlich nur 15—20 cm tief in den Boden ein und biegt dann zur Seite, um parallel mit der Bodenoberfläche zu laufen. Die seitwärts ausstreichenden Wurzeln erreichen das Drei- bis Vierfache der Länge des Stammes. Am besten gekennzeichnet wird das Wachstum auf dem Hochmoor durch ein Beispiel von *Betula pubescens,* das Weber [2]) beschreibt. Der oberwärts weifsfaule Stamm war 1,8 m hoch; der entrindete Holzkörper über dem Wurzelhalse hatte etwa 34 mm Durchmesser und zeigte 51 Jahresringe, von denen die letzten 11 zusammen nur 0,9 bis 2,6 mm breit waren. Das Bäumchen fing eben an, wipfeldürr zu werden, und war bis 30 cm hoch über dem Wurzelhalse mit *Sphagnum medium* und *acutifolium* überwachsen.

Für die Kultur handelt es sich nun darum, nicht nur die Ortsteinschichten zu durchbrechen, sondern dieselben auch an die Bodenoberfläche zu bringen. An der Luft zerfallen sie zunächst zu einem braunen, durch Verwitterung der organischen Bestandteile allmählich heller werdenden Sande. Durchfrieren des Ortsteins beschleunigt diesen Vorgang aufserordentlich. Der Zerfall pflegt um so rascher einzutreten, je höher der Gehalt an organischen Stoffen ist. Braungefärbte (humusreiche) Ortsteine sind meist in Jahresfrist, hellgefärbte (humusarme) dagegen oft erst in 2 bis 4 Jahren zerstört.

Die Bodenvergiftung durch Schwefelmetalle.

Als Schädigungsfaktor für das Pflanzenwachstum kommt in erster Linie das Schwefeleisen als Schwefelkies (und rhombisch kristallisiert als Markasit) in Betracht, da es eine der verbreitetsten Ausscheidungen bei Moorbildung ist. In den Mooren selbst ist das Schwefeleisen weniger anzutreffen, als in dem unterliegenden Sande und an der Grenze zwischen organischer Ablagerung und Untergrund. Wenn Schwefelkies verwittert, entsteht unter Oxydation und Aufnahme von Wasser schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol) und freie Schwefelsäure. ($FeS^2 + O^7 + H^2O = FeSO^4 + H^2SO^4$.)

Der Eisenvitriol oxydiert unter Bildung basischer Salze zu Eisenoxyd; bei Gegenwart genügender Mengen von kohlensaurem Kalk ent-

[1]) C. A. Weber, Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal im Memeldelta usw. Berlin. Paul Parey, 1902, S. 40 ff.

[2]) a. a. O. S. 47.

steht schwefelsaurer Kalk (Gips). Wenn kohlensaures Eisenoxydul auftritt, geht dieses unter Verlust der Kohlensäure und Aufnahme von Sauerstoff in Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat über. Die Eisenoxydhydrate veranlassen bekanntlich die gelbe bis braune Farbe der Böden und zeichnen sich durch eine starke Absorption für Gase (Kohlensäure, Stickstoff usw.) aus. Zu ihnen gehört der Brauneisenstein, ($Fe^2[OH]^6$), der den umliegenden Sand verkittet[1]). In den Moorgegenden werden aber die schwefelkieshaltigen Schichten durch Wasser und die stark reduzierende Wirkung der Moorsubstanz oftmals gar nicht zum Oxydieren kommen, weil sie keinen Sauerstoff erhalten können.

Die hauptsächlichste Schädigung, die vom Schwefeleisen zu fürchten ist, wird darin zu suchen sein, dafs die bei der Verwitterung sich bildende freie Schwefelsäure durch vorhandene Basen nicht gebunden werden kann. In der Regel ist kohlensaurer Kalk im Boden, so dafs sich Gips bilden kann; manchmal entsteht wohl auch Alaun oder schwefelsaure Magnesia. Letztere im Übermafs können ebenfalls schädlich wirken. Ich sah bei Versuchen durch überreiche Zufuhr von Alaun die Fleckennekrose bei Gerste auftreten. Wenn aber die Basen fehlen, wird die freie Schwefelsäure direkt als Pflanzengift zur Wirksamkeit gelangen.

Wird bei den Meliorationsarbeiten die schwefelkieshaltige Schicht an die Bodenoberfläche gebracht, mufs dieselbe zunächst unfruchtbar bleiben.

Bisweilen können auch schon die oberen Lagen der Moore Schwefeleisen enthalten, wie aus einer Arbeit von Minssen[2]) hervorgeht. Er fand in einer Probe aus Schlesien an wasserlöslicher Schwefelsäure 7,286 % der Trockensubstanz, und zwar 3,940 % als schwefelsaures Eisenoxydul und 3,346 % als freie Schwefelsäure an der Oberfläche und annähernd doppelt so viel in den tieferen Schichten, abgesehen von grofsen Mengen noch unverwittertem zweifach Schwefeleisen. Die hier charakterisierte Fläche war später auf 62 cm Tiefe abgetorft worden, so dafs die reich mit Schwefeleisen durchsetzten unteren Schichten freigelegt wurden. Die Oxydation des Schwefelkieses hatte zur Bildung so grofser Mengen pflanzenschädlicher Verbindungen geführt, dafs eine landwirtschaftliche Nutzung des Moores auf absehbare Zeit unmöglich erschien. Ein solcher Fall mahnt zur Vorsicht bei Abtorfung von Niederungsmooren.

Die Frage über die Schädlichkeit des schwarzgefärbten, aus Ellerbrüchen der Forsten auf die Wiesen abfliefsenden Wassers ist durch Klien[3]) in eingehender Weise behandelt worden. In einem speziellen Falle, der zu Beschwerden gegen den Forstfiskus Veranlassung gab, war das aus dem Forst kommende Wasser braun, dickflüssig und teilweis übelriechend. Es enthielt in 100000 Teilen 31,28 Teile organische Substanzen (Humussäuren usw.) und 17,59 Teile Mineralsubstanzen, darunter 7,81 Teile Kalkerde, 3,07 Teile Eisenoxyd usw. Hier waren die Humussäuren der verderbliche Faktor. Es wird nun in

[1]) Ramann, Bodenkunde, 1905, S. 87.

[2]) Mitteilungen d. Ver. z. Förderung der Moorkultur im Deutsch. Reich, 1904, Nr. 1.

[3]) Klien, Die nachteilige Einwirkung des aus Eller-Brüchen und Torfmooren kommenden schwarzen Wassers auf die Wiesen. Königsberger land- und forstwirtschaftliche Zeitung 1879, Nr. 28; cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agrik.-Chemie, 1880, S. 568.

ähnlichen Fällen darauf ankommen, auf welche Bodenart solche Bruchwässer abfliefsen. Gelangen dieselben auf eisenschüssige Böden oder solche mit Tonuntergrund, werden sie besonders schädlich sein, während ein kalkreicher Boden durch die ihm eigene beschleunigte Zersetzung des Humus eher eine Überflutung aus den Erlenbrüchen, wie solche im Frühjahr bei Hochwasser vorkommt, vertragen kann. Immerhin sind solche Wasser als Berieselungs- und Stauwasser zu vermeiden.

Die Bildung eisenschüssigen Sandes beruht auf Ausscheidung von Eisenoxydhydrat und Eisensilikaten. Gemische von Eisenoxydhydraten mit wechselnden Mengen von kieselsauren und phosphorsauren Eisenoxyden stellen auch das sogenannte Wiesenerz oder den Raseneisenstein dar. Die Verbindung entsteht in Mooren, stehenden Gewässern und anderen Orten, wo eisenhaltige Wasser mit der Luft in Berührung kommen, unter Mitwirkung von Bakterien (Eisenbakterien nach WINOGRADSKI[1]). Neuerdings ist man geneigt, die Mitwirkung von Mikroorganismen geringer anzuschlagen[2]).

Die Frostempfindlichkeit der Moorbodenvegetation.

Bei den in Kultur genommenen Moorböden ist die besondere Frostempfindlichkeit gegenüber den anderen Bodenarten durch vielfache Erfahrungen erwiesen. Dabei zeigen sich wesentliche Unterschiede, je nachdem der Moorboden eine Sanddecke erhalten oder mit Sand gemischt ist. WOLLNY[3]) fand bei seinen Versuchen, dafs letzterer bessere Produktion zeigte als ersterer, bei dem der Grundwasserstand höher war. Statt des Sandes hat sich auch eine Bedeckung mit Ton vorteilhaft erwiesen. Bei Wiesenkulturen empfiehlt FLEISCHER[4]), falls zu starke Entwässerung eingetreten, eine Bedeckung mit feldspatreichem Sand oder Lehm oder Klei zur Vermeidung eines allzustarken Austrocknens.

JUNGNER[5]) führt mehrere Beispiele aus der Provinz Posen an, bei denen solche Moorfelder, die nicht mit tonhaltigem Boden bedeckt worden waren, ein zweimaliges gänzliches Abfrieren der Kartoffeln und der Sommerung zeigten, während die bedeckten keinen besonderen Schaden erlitten hatten.

Diese Erfahrung weist schon darauf hin, dafs wir die Hauptschädigungsperiode betreffs der Frosterscheinungen bei Moorböden im Frühjahr zu suchen haben. Für Baumkulturen wird dies erklärlich, wenn wir bedenken, dafs die Humusböden in der kalten Jahreszeit meist einen Überschufs an Feuchtigkeit haben. Der feinporige Humus wird, mit Wasser gesättigt, sich im Herbst langsamer abkühlen als minder wasserreiche Böden, sich aber im Frühjahr auch viel langsamer erwärmen. Je länger die Wurzeln aber ein warmes Medium finden, desto länger bleiben sie in Tätigkeit und pressen um so mehr Wasser in die oberirdische Achse. Die auf Moorboden mit ihrer verdünnten Nährstoff-

---

[1]) WINOGRADSKI, Über Eisenbakterien. Bot. Zeit. 1888. S. 260.

[2]) E. ROTH, Die Moore der Schweiz, unter Berücksichtigung der gesamten Moorfrage. Leopoldina 1905, Nr. 3, S. 34.

[3]) WOLLNY, Untersuchungen über die Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften des Moorbodens durch Mischung und Bedeckung mit Sand. II. Mitteil. Forsch. a. d. Geb. d. Agrik.-Physik, 20, 1897/98, S. 187.

[4]) FLEISCHER, M., Über die zweckmäfsige Behandlung von Moorwiesen; cit. Biederm. Centralbl. f. Agrik.-Chemie, 1888, S. 137.

[5]) Zweiter Jahresber. d. Sond.-Aussch. f. Pflanzenschutz für 1904. Arbeit. d. Deutsch. Landw.-Ges, Heft 107, Berlin 1905, S. 61.

lösung an und für sich schon schlecht wachsenden Bäume gehen mit großem Wassergehalt ihrer Gewebe in den Winter. Je wasserreicher und plasmaärmer die Gewebe sind, desto frostempfindlicher sind sie, gleichviel ob es sich um die Wirkungen von Winterfrost oder Frühjahrsfrost handelt. Daher die häufige und starke Frostbeschädigung bei Moorkiefern, wie sie oben bei dem Exemplar aus der Lüneburger Heide sich dargestellt findet.

Für die kurzlebigen Feldgewächse werden diejenigen Frühjahrsfröste am gefährlichsten, welche durch Strahlung entstehen, was man leicht dadurch erkennen kann, daß die durch die Kälte hervorgerufenen Verfärbungserscheinungen an Blättern und Stengeln scharf abschneiden, wenn ein solcher Pflanzenteil durch darüberliegende Blätter teilweis gedeckt ist.

Es fragt sich nun, wo die Strahlungskälte am meisten sich entwickeln wird und inwiefern dabei die Verdunstungskälte mitspricht. Kommen beide Faktoren hochgradig zur Wirkung, werden die Luftschichten dicht oberhalb der Bodenoberfläche merklich kälter als die durchschnittliche Temperatur sein. Über einer Schneedecke hat Polis[1]) eine solche Temperaturerniedrigung der angrenzenden Luftschichten nachgewiesen; dieselbe wird um so größer sein, je geringer die Luftbewegung ist. Daher die Maifröste in windstillen klaren Nächten. Die moorigen und anmoorigen Böden mit ihrem Wasserreichtum werden im ersten Frühjahr, wo Boden und Untergrund noch nicht durchwärmt sind, eine starke Verdunstung haben, selbst wenn sie als Kulturland bereits mit Sand gemischt sind und dementsprechend sich stärker abkühlen. Die Verdunstung wird auch noch durch die dunkle Bodenfarbe gesteigert, wie aus Wollny's[2]) Versuchen hervorgeht. Vorbeugend wirkt das Decken mit einer Sandlage von 6—10 cm; dann kann nur wenig Wasser aus der Humusschicht in den Sand gelangen, und es werden demgemäß nur geringe Mengen verdunsten. Aus demselben Grunde wirkt die Sandschicht auch schützend gegen Trockenheit. Ein Nachteil des Übersandens zeigt sich bei Ansaat feiner, flachwurzelnder Gräser, die leicht in dem nahrungsarmen Sande verkümmern[3]).

Wenn es sich um Obstbaumkulturen auf Moorböden handelt, dürfen als Frostschutzmittel empfohlen werden: 1. Baumpflanzungen auf der West- und Südwestseite der Obstanlage zur Milderung der Temperaturdifferenzen im Frühjahr. Die Rinde platzt fast ausnahmslos auf den nach diesen Himmelsgegenden orientierten Flächen, und auch die normalen Ablösungserscheinungen der Borkenschuppen (z. B. Platane) beginnen früher und intensiver auf diesen Baumseiten. 2. Starke Kalkung und Zufuhr von Thomasmehl bei genügendem Vorhandensein der übrigen Nährstoffe. 3. Vor allem aber suche man die Obstsorten heraus, die Moorböden vertragen. Huntemann[4]) empfiehlt auf Grund praktischer Erfahrungen von Pflaumen die gewöhnliche Hauszwetsche. Von Äpfeln haben sich bewährt: Schöner von Boskoop, Golden noble, Doppel Pigeon, Weißer Wintertaubenapfel, Orleansreinette, Parkers Pepping, Purpurroter Cousinot. Nicht brauchbar sind Wintergoldparmäne, Gravensteiner, Prinzen- und Alantapfel, da sie, zu frostempfindlich, vom Krebs

[1]) Meteorologische Zeitschr. 1896, Heft I.
[2]) Blätter für Zuckerrübenbau, 1899, Nr. 9.
[3]) Mitteil. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur, 1895, Nr. 5 u. 6.
[4]) Huntemann, Das Erkranken der Obstbäume auf Moorboden. Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur, 1898, Nr. 7.

leiden. Nach den Erfahrungen des Herrn Baumschulbesitzers KLITZING eignen sich zum Anbau auf Moorböden folgende Apfelsorten: Roter Eiserapfel, Burchardts Reinette und Cludius' Herbstapfel. Von Birnen werden empfohlen: Köstliche von Charneux, St. Germain und Neue Poiteau. Will man Kirschenkulturen überhaupt versuchen, so wähle man eher noch Sauerkirschen als Süfskirschen.

Der Nutzen der Fichte.

Betreffs der forstlichen Kulturen auf Moorboden wollen wir nur unsere Ansicht wiederholen, dafs die jetzt so beliebte Verwendung der Kiefer ein Mifsgriff ist. Das S. 248 vorgeführte Exemplar aus der Lüneburger Heide zeigt deutlich genug, welche Nachteile entstehen. Wenn dieselben auch an anderen Orten nicht in der schroffen Weise bemerkbar sind, und namentlich die Frostbeschädigungen nicht so scharf hervortreten, so wird doch immer ein krüppelhafter Wuchs eingeleitet, der früher oder später zutage tritt.

Für das norddeutsche Flachland ist auf die Fichte zurückzugreifen. Wir sagen: „zurückgreifen"; denn tatsächlich hat CONWENTZ[1]) nun nachgewiesen, dafs vielfach in moorigen Gegenden der Fichtenbestand der ursprüngliche, natürliche gewesen ist. Auch jetzt sind noch in Pommern und Hannover, selbst in der Lüneburger Heide mehrfach ursprüngliche Fichtenbestände vorhanden, und die von CONWENTZ speziell studierten Einzelfälle geben vortreffliche Beläge dafür, dafs die Fichte noch in urwaldähnlicher Entwicklung in Böden sich zeigt, wo weite Strecken mit Torfmoos bedeckt sind und die Nässe in gewöhnlichen Jahren einen Zugang unmöglich macht.

Bei dieser Gelegenheit sei der Senkerbildungen der Fichte gedacht, welche allerdings nur in den von der Forstkultur nicht berührten Wäldern noch zu finden sein werden, und es ist deshalb angezeigt, hervorragende Beispiele einer Vermehrung durch Absenker in der Literatur zu erhalten. Deshalb sei hier noch Abbildung und Beschreibung einer Fichtenfamilie gegeben, welche in der Nähe der Stadt Kragerö an der südöstlichen Küste Norwegens beobachtet worden ist (s. Fig. 33).

SCHÜBELER[2]) gibt darüber folgende Mitteilung. Der Mutterstamm, der am Fufse eines Hügels steht, hat eine Höhe von ungefähr 9,4 m und etwa 6,6 cm vom Boden einen Umfang von 94 cm. In einer Höhe von 31 bis 36 cm gehen drei Äste vom Hauptstamm ab, die an mehreren Stellen festgewurzelt sind. Aus diesen sind allmählich in einer Entfernung von 1,6 bis 2,5 m vom Mutterstamm sechs regelmäfsige Fichten hervorgewachsen, welche eine Höhe von 2,5 bis 4,7 m besitzen.

Die Fichte steht mit ihrer leichten Adventivknospenbildung, die zu Maserkröpfen Veranlassung geben kann, und der schnellen Bewurzelungsfähigkeit oberirdischer Achsenteile einzig da. Zwar hat SCHÜBELER (l. c. S. 163) eine Bewurzelung bei tiefstehenden, zum Boden herabgebogenen Ästen auch bei *Juniperus* und *Taxus baccata* beobachtet, und sicherlich wird auch bei anderen Coniferen, die gut durch Stecklinge wachsen, solche Vermehrung vorkommen; allein derartige Fälle werden stets vereinzelt bleiben.

---

[1]) CONWENTZ, H., Die Fichte im norddeutschen Flachland. Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellschaft 1905, Heft 5, S. 220.

[2]) SCHÜBELER, F. C., Die Pflanzenwelt Norwegens. Christiania 1873—75. S. 164.

Die hier durch ein Beispiel erläuterte Vermehrungsfähigkeit gewinnt eine erhöhte Bedeutung in jenen Moorgegenden, wo die Fichte als der einzig mögliche Waldbildner zur Kultur herangezogen werden muſs.

Nur die wenigsten Nadelhölzer besitzen eine solche Leichtigkeit der Senkerbildung und der Entwicklung neuer regelmäſsiger Gipfeltriebe



Fig. 33. Eine Fichtenfamilie, die durch natürliche Ableger entstanden ist. Drei an der Stammbasis vorhandene Äste haben an einzelnen Zweigstellen sich neu bewurzelt und dort ihre Knospen zu sekundären Stämmen ausgebildet. (Nach Schübeler.)

aus Seitensprossen. Diese Eigenschaft benutzen die Gärtner reichlich zur Anzucht junger Individuen aus Stecklingen. Bei anderen Coniferen behalten die Stecklinge von Seitenzweigen den Bau der Seitenachse bei und bilden keine schönen Stämme. Auch die Gattung *Araucaria* besitzt groſse Neigung zur Bildung von Kopftrieben, und solche äuſsert sich

manchmal schon bei einzelnen an der Mutterpflanze verbleibenden Seitenzweigen, wenn der Gipfeltrieb verloren gegangen ist.

Im Anschluſs an diese auf nassen Böden hervortretende Senkerbildung der Fichte geben wir in Figur 34 die Zeichnung eines nur einmal beobachteten Falles von Wurzelbildung aus einem Ast der Eiche.

In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts hatte ich Gelegenheit, in dem Schloſspark zu Rogau (Oberschlesien) einen alten, inwendig schon stark ausgehöhlten Eichenstamm zu sehen, der auf einer tiefliegen-



Fig. 34. Eiche aus Rogau (Oberschlesien) mit Senkerbildung. (Orig.)

den, bei Hochwasser der Überschwemmung durch die Oder ausgesetzten und sumpfig gewordenen Wiese stand. Der Baum war an den unteren Ästen bereits laubarm. Die beiden untersten, wahrscheinlich einmal absichtlich herabgebogenen Äste lagen mit ihrem oberen Teil tief im Boden, und ihre Spitzen hatten sich aufwärts gerichtet. An der Krümmungsstelle des Astes (rechte Seite der Figur) war eine starke Wurzel nachweisbar, die zu der Zeit entstanden sein dürfte, als die noch jugendliche Zweigspitze durch die ersten Überflutungen von angeschwemmtem Boden überdeckt worden war. Die durch diese Wurzel herbeigeführte Unterstützung der Ernährung machte sich dadurch kennt-

lich, daſs eine gröſsere Anzahl von jüngeren Zweigen wie selbständiges Buschwerk sich entwickelte. An den in einiger Entfernung stehenden kräftigen Fichtenpflanzungen war mir nichts Besonderes aufgefallen.

Die Veränderungen im Moorboden durch die Kultur.

Notwendig ist es schlieſslich noch, einen Einblick zu gewinnen, inwiefern die schädlichen Faktoren der Humusböden bei der Kultur sich geltend machen und durch die Kultur eine Änderung erfahren. Über die „Besandung" ist im Vorhergehenden bereits gesprochen worden. Es käme somit die Düngung zur Erörterung, da der Nährstoffgehalt, namentlich im Hochmoor, so gering ist, daſs nur spezielle Pflanzen mit geringem Nährstoffbedürfnis und hoher Anpassungsfähigkeit an Humussäuren zu gedeihen vermögen (*Sphagnum*, *Eriophorum*, viele *Carex*-Arten, *Calluna* usw.). Alle Düngemittel müssen zunächst dahin wirken, die die Zersetzung übernehmenden Mikroorganismen im Moor zu vermehren; denn in dem humussauren Boden ist die Bakterienflora äuſserst dürftig. Über den Einfluſs der Kulturmaſsnahmen auf die Zunahme der Bakterienvegetation im Moorboden finden wir eine beachtenswerte Arbeit von FABRICIUS und v. FEILITZEN[1]), welche die früheren Versuchsergebnisse von STÅLSTRÖM[2]) bedeutend erweitern. Letzterer stellte bereits fest, daſs der im natürlichen Zustande an Bakterien äuſserst arme Moorboden durch Entwässerung schon an Mikroorganismen reicher wird. Dies wird besonders für Hochmoore bedeutungsvoll, da sie viel ärmer als Niederungsmoore an Bakterien sind, was wohl mit dem geringen Stickstoffgehalt der ersteren zusammenhängt. Die mit Ton gemischten oder durch Düngung verbesserten Moore haben höheren Bakteriengehalt. Die Bakterienflora hält sich dabei fast ausschlieſslich in der oberen 15—25 cm dicken Bodenlage auf. FABRICIUS und v. FEILITZEN prüften auch den Feuchtigkeitsgehalt in der oberen Bodenlage und fanden, daſs derselbe bei unkultiviertem Hochmoor durch Entwässerung etwa nur von 90 auf 87 % herabgegangen war, dagegen durch andere Kulturmaſsnahmen bis auf etwa 64 % sinken konnte. Letztere bestanden in einer Mischung der Krume mit Sand, infolgedessen sich ein anderer Pflanzencharakter entwickelte. Die Bodentemperatur war auf dem jungfräulichen Moor am niedrigsten. Bloſse Entwässerung übte wenig Einfluſs (+ 0,3° C.), aber die kultivierten Beete zeigten eine anhaltende Steigerung von beinahe 2° C. Betreffs der chemischen Zusammensetzung ergab sich, wie zu erwarten, im natürlichen Hochmoor der Kalkgehalt sehr gering; ebenso war der Stickstoffgehalt gering, während er in den Niederungsmooren sich befriedigend erwies. Interessant ist der Rückgang der Humussäuren durch die Kultur: der Gehalt betrug im natürlichen Hochmoor mehr als 2 % und ging durch Besandung, Kalkung und Düngung auf etwa 0,3 % zurück.

Die Bakterienflora fanden die genannten Forscher infolge der sauren Reaktion des Bodens im Hochmoor nur spärlich entwickelt und auch durch Entwässerung wenig gehoben; dagegen zeigte sich eine

[1]) FABRICIUS, O., und HJALMAR VON FEILITZEN, Über den Gehalt an Bakterien in jungfräulichem und kultiviertem Hochmoorboden auf dem Versuchsfelde des Schwedischen Moorkulturvereins bei Flahult. Centralbl. f. Bakteriologie usw. II. Abt., Bd. XIV, S. 161. 1905.

[2]) Om lerslagningens betydelse. Finska Mosskulturföreningens årsbok. 1898. S. 44.

große Steigerung durch Besandung, Kalkung und Düngung und die damit zusammenhängende Bearbeitung des Bodens. Sand führte neue Bakterien zu, Stallmist gewährte eine derartig reiche Ernährung, daſs der Bakteriengehalt so hoch wurde, wie in einem Niederungsmoor bei denselben Kulturbedingungen. In beiden steigt und fällt der Bakteriengehalt parallel mit der Bodentemperatur.

Bezüglich des Stalldüngers gehen die Erfahrungen der Praktiker sehr auseinander. Es ist vielseitig ein Miſserfolg dabei beobachtet worden. Andererseits finden sich Berichte, welche selbst in Mooren mit groſsem Stickstoffgehalt eine äuſserst vorteilhafte Wirkung des Stalldüngers feststellen, wie Graf Schwerin[1]) berichtet.

Man könnte sich diesen Widerspruch folgendermaſsen erklären: Selbst in Mooren, die Stickstoff im Überfluſs enthalten, kann eine Stallmistdüngung von sehr günstiger Wirkung sein, wenn das Moor wenig zersetzt ist, der Stickstoff darin also wahrscheinlich noch in wenig aufnehmbarer Form (z. B. in organischen Verbindungen) vorhanden ist. Auf zersetzten Mooren aber sind die Erträge nach Stalldung tatsächlich schwach, und das Unkraut wuchert in erdrückender Menge, weil durch die Dungzufuhr vermutlich einseitiger Stickstoffüberschuſs ohne genügendes Gegengewicht von Phosphat- und Kalkzufuhr sich geltend macht.

Bei der Moorkultur handelt es sich in erster Linie um das Kali. Dies gilt auch für Moorwiesen, bei denen eine gute Heuernte aber nach M. Fleischer[2]) auſser Kali auch Phosphorsäurezufuhr verlangt (Thomasphosphatmehl). (Verfasser warnt bei dieser Gelegenheit vor dem Übererdungsverfahren, wenn das Grundwasser nicht tiefer als 20—40 cm steht.) Die Form, in welcher das Kali gegeben wird, dürfte auch in der Mehrzahl der Fälle maſsgebend sein; denn Tacke[3]) erwähnt, daſs er bei Kartoffeln den besten Erfolg bei Chlorkalium erzielt habe. Knollenmenge und Stärkegehalt waren dabei am höchsten. Während die Knollen ohne Kalidüngung 17,67 % Stärke enthielten, besaſsen sie bei Kainitdüngung nur 17,02 %, bei Karnallitzufuhr sogar nur 16,48 %, dagegen bei Chlorkalium 18,02 %. Die Düngemittel wurden im Herbst gegeben: Frühjahrsdüngung setzte Quantität und Qualität der Knollen herab. Hensele[4]) fand bei seinen Kartoffelanbauversuchen, daſs Kainit auf Wiesenmoorboden den Stärkegehalt der Kartoffel bedeutend zurückdrückte. Bei Vergleichskulturen auf Mineralboden und Moorboden waren die Erträge des ersteren gröſser, und der Stärkegehalt der Moorkartoffeln ereichte niemals den der Knollen auf Mineralboden oder den des Saatgutes.

Bezüglich der Schädlichkeit der Frühjahrsdüngung sei auf die Berichte der Generalversammlung des Vereins zur Förderung der Moorkultur verwiesen[5]). Dort findet man besonders betont, daſs Kainit und Thomasmehl im Herbst auf das Moor gestreut werden müssen, weil die Frühjahrsdüngung bei Hackfrucht den Zucker- und Stärkegehalt herabdrücke. Für Thomasmehl sei die Herbstdüngung auch darum günstiger, weil die Säure des Moores viel länger lösend einwirken könne. Chili-

---

[1]) Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur, 1895, Heft 6.

[2]) Milchzeitung 1887, Nr. 8.

[3]) Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur, 1895, Nr. 6.

[4]) Hensele, J. A., Bericht der Moorkulturstation „Erdinger Moos“ 1900/01. Centralbl. f. Agrik.-Chemie, 1903, Heft 3.

[5]) Jahrg. 1895, S. 123.

salpeter hatte bei den Versuchskulturen den Zuckergehalt der Rüben um 1,5 % vermindert. Auch die Vorfrucht scheint bei den Moorkulturen eine Rolle zu spielen, wie ein Fall aus der Provinz Posen zeigt[1]). Dort waren nur diejenigen Zucker- und nachgebauten Futterrüben erkrankt, welche nach Senf angebaut worden waren. Betreffs der Rübenkultur kommt HOLLRUNG[2]) zu dem Resultat, dafs reines Moorland am besten ganz vermieden werden müsse und selbst besandetes nur bei grofser Vorsicht verwendbar sei.

Der Rindenmulm.

Wenn wir bisher das Charakteristische des sauren Heidebodens in der Produktion von Hungertypen kennen gelernt haben, zu deren Entstehen nicht nur die Nährstoffarmut, sondern auch bei den grofsen Feuchtigkeitsschwankungen der Wassermangel Veranlassung geben kann, so können doch auch Erscheinungen von Wasserüberschufs auftreten. Dieselben äufsern sich an älteren Bäumen mit starker Borkenbildung dann, wenn Heidekraut und Moos in hohen Polstern die Stammbasis umgeben. Diese dichten Polster sind Wasserspeicher, die teils das Wasser des moorigen Bodens festhalten, teils das atmosphärische ansammeln und auf diese Weise einen an der Stammbasis stets höher hinaufwachsenden feuchten Filz bilden. Solche feuchten Polster mindern die Temperaturschwankungen, welche dem Abstofsen der alten Borkenschuppen förderlich sind. Sie hindern aber auch wesentlich den Luftzutritt und veranlassen die Zersetzung derjenigen Zelllagen der Borkenschuppen, welche besonders locker gebaut sind, zu einer tiefbraunen, im trocknen Zustande pulverigen, bei stärkerer Feuchtigkeit schmierigen Masse, die als „Mulm“ bezeichnet wird. Derartige Mulmnester bilden die Brutstätte zahlreicher tierischer und pflanzlicher, die Zersetzung beschleunigender und übertragender Organismen.

Über das Zustandekommen der Mulmnester gibt die Untersuchung der jüngeren Schichten unterhalb der alten Borkenschuppen Aufschlufs. Eines der zur Untersuchung von Herrn DR. GRAEBNER aus der Lüneburger Heide mir übergebenen Borkenstücke hatte 3,5 cm Durchmesser und unterschied sich von einer ebenso alten, gesunden Borke dadurch, dafs dieses Stück ungemein leicht in einzelne Lagen von verschiedener Dicke auseinanderblätterte. Die Oberfläche der einzelnen auseinanderfallenden Borkenschichten war reliefkartenartig uneben und stellenweise mit breitkegelförmigen, bis 2,5 mm hohen harten, oft kraterförmig vertieften holzigen Vorsprüngen versehen. Solche Vorsprünge, ebenso wie die schwielig in weichen Linien hervortretenden Gewebepolster der einzelnen auseinanderblätternden Borkenlagen befanden sich stets auf der Innenseite der sich abhebenden Schicht und hatten genau das Aussehen, wie wir es später in dem Abschnitte über „Rindenabwurf“ bei *Ulmus* abbilden. Es ist daher dort nachzuschlagen.

Die leichteste Lösbarkeit der Lamellen von einander fand sich da, wo eine mulmige, d. h. in Humifikation befindliche, zerfallende Gewebeschicht die Trennungsfläche bildete. Der Mulm bestand aus Korkzellen, wie im

---

[1]) Elfter Jahresber. d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz. Arb. d. Deutsch Landw. Ges, Heft 71, S. 130.

[2]) HOLLRUNG, Die verschiedenen Bodenarten und ihre Eignung für den Rübenbau. Blätter f. Zuckerrübenbau, 1905, Nr. 14, S. 217.

beiliegenden Querschnitt (Fig. 35) die obere Seite (*B*) zeigt, während *H* diejenige Borkenseite bezeichnet, welche dem Holzkörper näher liegt, also jünger ist. *rp* ist verkorktes, festes, dagegen *k* füllkorkartig gelockertes Rindenparenchym, *t* Tafelkork. Die Borkenschuppen setzen sich also aus immer tiefer nach der frischen Rinde und dem Cambium hin fortschreitenden Abgliederungen von Rindenparenchym zusammen, das von Tafelkorklagen abgeschnitten wird und verkorkt; aufserdem finden wir Nester von losen Zellen, die um so üppiger sind, je tiefer die Stammbasis im Moos gestanden hat. Die schwammige Beschaffenheit der Unterseite der einzelnen Borkenlamellen rührt von der krankhaften

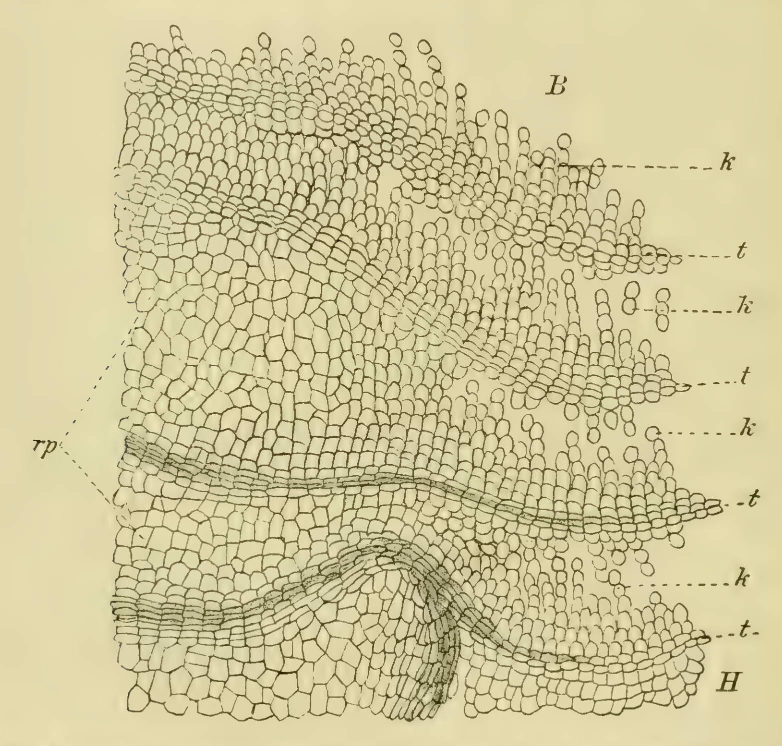


Fig. 35. Mulmige Borkenschuppe einer Kiefer aus der Lüneburger Heide. (Orig.)

Üppigkeit der Parenchym- und Füllkorkmassen her. Infolge der Nässe und der geringen Sauerstoffzufuhr werden diese Wuchergewebe humifiziert und bilden den die Trennung der Lamellen erleichternden Mulm.

Die starke Beteiligung des abnorme Streckungserscheinungen zeigenden Rindenparenchyms an der Borkenbildung setzt diese Mulmentwicklung bei der Moorkiefer in die Nähe des „Rindenabwurfs" der Rüster und unterscheidet beide Fälle von der eigentlichen Lohkrankheit (s. S. 210), bei der die Füllkorkbildung, wie bei den mehrschichtigen Lenticellen, die Oberhand behält.

Die gärtnerischen Heideerdekulturen.

Vermutlich durch die Beobachtung des natürlichen Standortes unserer Heidekrautgewächse angeregt, hat man bei der Kultur der aus-

ländischen Ericaceen denjenigen Boden herbeigeholt, in welchem unsere Calluna vorzugsweise wächst, also Heidemoor. Die dabei bekannt gewordenen Eigenschaften des Sphagnumtorfes haben denselben zu einem gesuchten Handelsartikel gemacht. Die Vorteile des Materials bestehen in seinen lockernden Eigenschaften. Die Erfolge bei der Kultur der Ericaceen veranlafsten, die sogenannte Heideerde als lockernde Substanz den schwereren nahrhaften Bodenarten beizumischen, und auf diese Weise ist die Heideerde als notwendiger Bestandteil der Erdmischungen für die Mehrzahl der feineren gärtnerischen Kulturpflanzen eingeführt worden. Da man aber kein Kriterium für eine gute Heideerde kannte, kamen bei dem wachsenden Bedarf viele Erden in den Handel, die entweder noch überreich an Rohhumus waren oder in den Charakter des Wiesenmoors schlugen. Dabei verführte die dunkle Farbe des letzteren zu der Meinung, eine recht nahrhafte Erde vor sich zu haben. Die Folgen des Fehlgriffs sind auch nicht ausgeblieben. Die Klagen der Gärtner über saure Heideerden sind fast allgemein und der Rückgang einer Anzahl beliebter Kulturen, wie z. B. der sogenannten Neuholländer oder „Kappflanzen", unaufhaltsam.

Dort, wo Wiesenmoor als Beimengung zur Erdmischung für Topfgewächse benutzt wurde, machten sich dessen Eigenschaften schnell kenntlich. Im trocknen Zustande erscheint dieser Moorboden leicht zerreiblich und zerfällt pulverig oder bleibt auch krustig; bei Befeuchtung aber wird er schmierig und verkittet die andern Erdpartikelchen zu luftarmen Massen. Da Wiesenmoor sich stark erwärmt, so trocknen die obersten Schichten der Blumentöpfe leicht aus; sie werden heller und erwecken bei dem Gärtner die Meinung, dafs der ganze Topfballen trocken sei und begossen werden müsse. Darin liegt das Verhängnisvolle. Denn gerade Wiesenmoor täuscht wie kein andrer Boden. Wenn man im Freien solche Moore untersucht, findet man unter der staubigen Oberfläche in einer Tiefe von wenigen Centimetern bereits den schmierigen Zustand wieder, da die äufserst bindige Substanz das Wasser ungemein festhält. Die Topfkulturen gehen deshalb schon aus Sauerstoffmangel der Wurzeln zugrunde, selbst wenn man die Humussäuren nicht in Betracht ziehen wollte. Letztere spielen aber eine verhängnisvolle Rolle, und sie sind es, die auch die Verwendung von lockerem, faserigem Heidemoor in vielen Fällen schädigend wirken lassen. Am vorteilhaftesten ist Sphagnumtorf, weil der anatomische Bau des Sphagnumblattes eine grofse Lockerheit, schnelle Durchtränkung mit Wasser und ebenso schnelle Durchlüftung des Topfballens bedingt. Bekannt sind die vorzüglichen Kulturerfolge mit Sphagnum bei Orchideen. Von den faserigen, mit Resten von Vaccinium und anderen Heidepflanzen durchzogenen, dem Waldboden entnommenen Heideerden wird man nur dann gute Erfolge erzielen, wenn man den Rohhumus entfernt und die verwesten Schichten verwendet, und selbst da empfiehlt sich eine Beigabe von Kalk oder besser noch von phosphorsaurem Kalk.

Ich habe in einem besonderen Abschnitt die Mifsstände der Heideerdekulturen erwähnt, weil ich der Meinung bin, dafs eine ganz bedeutende Anzahl von Krankheitserscheinungen auf die Säuren im Boden — der Gärtner sagt, die Erde rieche sauer — zurückzuführen ist. Selbst die spezifischen Heideerdepflanzen, wie Rhododendron, Azalea usw. gedeihen nur dann, wenn sie, wie an ihren natürlichen Standorten, in faseriger Erde, die immer wieder leicht durchlüftet, stehen. In dem Augenblicke, wo eine Mischung der Heideerde mit nahrhafteren, festeren

Erden zur Topfkultur verwendet wird, finden wir Wurzelfäulnis, die sich durch Braunrandigkeit der Blätter anzeigt. Die Ansicht von der Notwendigkeit einer Beimengung von Heideerde bei der Kultur der Mehrzahl unserer feineren Topfgewächse halte ich für irrig. Soweit meine Erfahrungen reichen, vermag der Sand als Lockerungsmittel ungleich bessere Dienste zu leisten. Man arbeite mit gut verwesten Laub- oder Mistbeeterden und gebe reichliche Mengen von Sand dazu. Wenn wir aufserdem für guten Topfabzug sorgen, werden wir in Zukunft weniger über Wurzelerkrankungen zu klagen haben.

Das Fleckigwerden der Orchideen.

Eine spezielle Illustration der im vorigen Abschnitt geschilderten Vorteile der Sphagnum-Verwendung finden wir bei einer eigenartigen Schwarzfleckigkeit der Blätter epiphyter Orchideen. In unseren Glashäusern gibt es reichliche Blatterkrankungen, die häufig auf Pilzansiedlung beruhen (*Gloeosporium* und *Colletotrichum*, *Phoma*, *Phyllosticta*) usw.). Wir haben aber auch mehrfache Fälle, in denen Pilze nicht beteiligt sind oder erst sekundär auftreten, und unter diesen ist ein Vorkommnis besonders hervorzuheben, das bei *Catleya*, *Laelia*, *Dendrobium* und den Gliedern aus der Gruppe der Vandeen zu finden ist.

Der Erkrankungsvorgang wird am besten durch Beschreibung eines speziellen Falles klar, der kürzlich bei *Phalaenopsis amabilis* var. *Rimenstadiana* genauer studiert worden ist[1]).

Die in durchbrochenen Töpfen in Lauberde kultivierten und mit Flufswasser begossenen Pflanzen zeigten alle Blätter mit Ausnahme des jüngsten gelb bis schwarzfleckig. Die Krankheit schritt augenscheinlich von den älteren nach den jüngeren Blättern hin fort und äufserte sich in ihren Anfängen durch das Auftreten unregelmäfsig kreisrunder oder ovaler, bleicher, durchscheinender Flecke. Dieselben sind über die ganze Blattfläche verteilt, pflegen aber an der Spitze zuerst und am reichlichsten aufzutreten. Wenn derartige Blätter abgeschnitten werden und durch Verdunstung Wasser verlieren, fühlt man, dafs die bei Beginn der Erkrankung verbleichenden Stellen etwas schwielig über den gesunden Blatteil hervortreten.

Bei dem Fortschreiten der Krankheit aber ändert sich dieses Verhältnis, indem alsbald die gelben Flecke ein weifsliches Aussehen bekommen und schüsselförmig einsinken. Dabei sieht man, dafs einzelne benachbarte Krankheitsherde miteinander verschmelzen und zusammenhängende dünne, schliefslich tief schwarzbraun sich färbende Flächen bilden, die nunmehr wallartig von dem gesunden Gewebe eingeschlossen werden. Nach der Braunfärbung vergröfsern sich aber die Flecke nicht mehr. Es sind also Krankheitsherde, die in ihrer Anlage auf bestimmte Gewebegruppen beschränkt bleiben.

Durchschneidet man eine bereits gebräunte, durch die dunklere Nervatur mit Längsstreifen versehene Stelle, so findet man, dafs die papierdünne Beschaffenheit nicht etwa durch Gewebeschwund infolge von Insektenbeschädigung oder Bakteriosis entstanden ist, sondern lediglich durch Zusammentrocknen der ihres Inhalts fast gänzlich be-

---

[1]) Sorauer, Erkrankung von *Phalaenopsis amabilis.* Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 1904, Heft V.

raubten Mesophyllzellen hervorgerufen wird. Die Grenze zwischen dem toten und dem wallartig vorspringenden, angrenzenden, gesunden Gewebe ist scharf, ohne Übergänge. Das zusammengefallene braun- oder (meist) hellwandige Gewebe zeigt mit Jod nur noch einzelne Flocken plasmatischen Inhalts nebst spärlichen Tröpfchen farbloser oder goldgelber Substanz. Bei Wasserzutritt heben sich die harmonikaartig geknitterten Zellwandungen etwas auseinander, ohne dafs jedoch die Zellen auf ihr früheres Volumen gebracht würden. In dem gänzlich abgestorbenen Gewebe findet man bisweilen vereinzelte farblose, schlanke Mycelfäden.

Wenn man auf die frischen Schnitte, die übrigens auch an den kranken Stellen stark sauer reagieren und mit Guajak und Wasserstoffsuperoxyd keine Oxydasen und Peroxydasen erkennen lassen, Glycerin einwirken läfst, so zieht dasselbe im Zellinhalt grofse ungefärbte, unregelmäfsige oder meist kuglige Massen zusammen. Man findet diese Erscheinung vielfach bei zuckerreichem, besonders saftigem Gewebe. An der Peripherie dieser Massen liegen die Chloroplasten. In dem stärker erkrankten Teile sind diese Stoffgruppen nicht mehr zu finden, sondern nur zahlreiche kleinste oder gröfsere Tröpfchen. Ebensowenig ist diese Zusammenziehung des Zellinhalts zu stark lichtbrechenden Tropfen, die wir, weil sie stellenweise bei der Trommer'schen Probe Niederschläge von Kupferoxydul zeigen, in die Glykosereihe verweisen möchten, in dem gesunden Blatteil nachweisbar.

Die weiteren anatomischen Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, dafs in den einzelnen vergilbten Gewebeherden der Zellinhalt zu stark verbraucht wird, wobei sich die Mesophyllzellen ausweiten. Dadurch wird die erkrankte Stelle etwas über die gesunde Fläche vorgewölbt; alsbald aber fällt das kranke Gewebe, das durch Auftreten von Karotintropfen sein schnelles Ausleben anzeigt, zusammen, bräunt sich und vertrocknet. Dieser Vorgang des Auslebens bleibt aber in allen bisher beobachteten Fällen auf die durch die Vergilbung anfangs bereits gekennzeichnete Blattregion beschränkt, wodurch sich die Erscheinung von Pilzerkrankungen unterscheidet. Da nun eine abnorm gesteigerte Zuckerbildung nachgewiesen und das Fehlen von Parasiten in der Mehrzahl der Flecke festgestellt werden konnte, so haben wir eine Konstitutionskrankheit vor uns, die dort sich einstellt, wo die genannten Orchideen in Lauberde kultiviert werden.

Diese Kulturmethode ist in den letzten Jahren namentlich von belgischen und englischen Gärtnern empfohlen und in Deutschland zum Teil unter Benutzung von flandrischer Lauberde eingeführt worden. Nach dem Überhandnehmen der Erkrankung griff man nun zu dem alten Verfahren der Anzucht der Pflanzen in einem Gemisch von Sphagnum mit Heideerde-Brocken zurück und erzielte wieder die früheren Erfolge. Daraus geht hervor, dafs die Lauberde, die für die meisten anderen Pflanzen ein äufserst zusagendes Substrat ist und in der anfangs auch die genannten Orchideen sehr kräftig wachsen, bei dem reichlichen Begiefsen (namentlich mit algenhaltigem Wasser) allmählich verschlämmt und den Orchideenwurzeln nicht mehr die nötige Sauerstoffzufuhr zuteil werden läfst.

Viel bessere Erfolge sind mit der sogenannten *Jadoo-fibre*, einem mit Nährsalzen durchtränkten, äufserst lockeren Moostorf erzielt worden; indes rechtfertigt der Erfolg nicht die gröfseren Kosten, und es erweist sich die alte Sphagnumkultur stets noch als die vorteilhafteste. Das moderne

Streben der Züchter, durch reiche Nährstoffzufuhr, hohe Temperatur und grofse Feuchtigkeit die Orchideen zu schnellerer und üppigerer Entfaltung zu bringen, hat nur für eine beschränkte Zeit wirkliche Erfolge; meistens stellt sich ein Rückschlag bei den überreizten Pflanzen ein, dem nur durch eine Ruheperiode an einem relativ kühleren, trockneren Standort vorzubeugen ist.

Der kühlere, trocknere Stand ist in vielen Fällen auch das beste Mittel gegen die Pilzfäulen. Ein sehr lehrreiches Beispiel beobachtete Klitzing bei einer durch *Glocosporium* hervorgerufenen, jetzt ziemlich allgemein auf dem Festlande und in England, sowie selbst im Vaterlande vorhandenen Fleckenkrankheit von *Vanda coerulea.* Aus den Mitteilungen des Sammlers geht hervor, dafs diese Vanda im Himalaja auf *Gordonia* gefunden wird, die an mäfsig warmen, windigen Standorten wächst. Hier in unseren Glashäusern werden die Pflanzen durchschnittlich mehr als 10° C. wärmer kultiviert und in der geschlossenen feuchten Glashausluft jahraus, jahrein festgehalten. Natürlich werden dadurch die Pflanzen zarter und erliegen bei künstlicher Impfung dem *Gloeosporium* binnen wenigen Tagen, während im Vaterlande der Pilz beschränkt bleibt und die Pflanzen trotz seiner Anwesenheit sich weiter entwickeln und vermehren.

Drittes Kapitel.

Ungünstige chemische Bodenbeschaffenheit.

1. Verhalten der Nährstoffe zum Bodengerüst.

A. Bodenabsorption infolge chemisch-physikalischer Vorgänge.

Die Schädigungen der Vegetation können entweder dadurch erfolgen, dafs das Nährstoffkapital im Boden quantitativ oder qualitativ ungünstig für die Ernährung der Pflanzen sich gestaltet oder dafs bei reichlichem Vorhandensein und normaler Zusammensetzung des Nährstoffmaterials durch anderweitige Wachstumsfaktoren die Aufnahmetätigkeit seitens der Pflanze irritiert wird.

Es kann dann Mangel oder Überflufs der Nährstoffe sich geltend machen oder durch die modifizierten Aufnahmebedingungen ein einziger Nährstoff in zu geringen oder zu grofsen Mengen zur Wirksamkeit gelangen und das Gleichgewicht im Haushalt des Organismus stören. Dieser zweite Teil der Ernährungsstörungen soll im folgenden Abschnitt behandelt werden, und zwar unter den Rubriken „Wasser- und Nährstoffmangel“ und „Wasser- und Nährstoffüberschufs“.

Dafs in diesen Bezeichnungen neben den Nährstoffen auch der Wasserzufuhr gedacht wird, rechtfertigt sich durch den Umstand, dafs das Wasser nicht nur bei seiner Zersetzung im Pflanzenleibe selbst Nährstoffe liefert, sondern auch als Transportmittel je nach der vorhandenen Menge bald schwache, bald starke Konzentrationen der Nährlösung veranlafst und dadurch den Ernährungsmodus vorteilhaft oder nachteilig beeinflufst.

In Rücksicht auf die beständig wechselnden Konzentrationen mufs also auch hier bei der Betrachtung des Verhaltens der Nährstoffe zum Bodengerüst der Wassereinflufs berücksichtigt werden.

Die löslichen Salze, welche bei der Zersetzung der Mineralien entstehen oder durch Düngung zugeführt werden, unterliegen der Bodenabsorption. Das Festhalten und Abgeben sowie die andauernd im Boden sich vollziehenden Umsetzungen der Salze hat man anfangs vorwiegend als physikalische Vorgänge angesprochen, während sie jetzt der Hauptsache nach als chemische Prozesse aufgefafst werden [1]). Allerdings ist es schwierig, die Grenze zwischen physikalischer (Adsorption) und chemischer Bindung zu ziehen.

Die Adsorption wird nur dort von Bedeutung, wo grofse Anziehungsflächen geboten werden, wie bei den organischen Substanzen und auch bei gewissen anorganischen Stoffen, zu denen die colloidale Kieselsäure und das colloidale Eisenoxyd der tropischen Roterden gehören. Am bedeutungsvollsten für unsere Kultur erscheinen die aufquellbaren Humusstoffe, die in nährstoffreichen Böden wohl als salzartige Verbindungen ausgefällt werden, in verarmten aber grofsenteils in Lösung verbleiben. Betreffs der Absorption der Humusstoffe spielt ihre Aufnahmefähigkeit für freie Basen und deren Karbonate die erste Rolle. Für das im Boden befindliche Ammoniak und kohlensaure Ammon sind namentlich die sauren Humusstoffe wirksam, und wir verwerten diesen Umstand besonders bei Anwendung der Torfstreu.

Neben den colloidalen Stoffen sind die feinverteilten Mineralbestandteile als Träger der Absorption ins Auge zu fassen. Von Mineralien sind jedoch Quarz stets und Kaolin, wenn letzteres nicht mit Alkalisilikaten sich zu absorbierenden Doppelsilikaten etwa verbindet, ohne Absorptionsfähigkeit. Die hauptsächlichsten Träger sind die wasserhaltigen Silikate, namentlich die Doppelsilikate der Tonerde, die kristallisiert sich als Zeolithe in den Gesteinen finden, und des Eisenoxyds. Sie vermitteln den im Boden zu beobachtenden Basenaustausch.

Dieser kommt bei der Verarmung des Bodens an löslichen Nährstoffen zur Wirksamkeit, wie folgender von Lomberg (Zeitschr. d. Geol. Ges. 1876, S. 318) ausgeführte Versuch deutlich macht. Es wurde ein wasserhaltiges Silikat drei Wochen lang mit kohlensäurehaltigem Wasser in Verbindung gehalten und nach dieser Zeit gefunden:

	I. ursprüngliches Silikat	II. nach Behandlung mit kohlensäurehaltigem Wasser
Kieselsäure	46,64 %	54,03 %
Tonerde	29,38 %	39,65 %
Kali	22,75 %	5,34 %
Natron	1,83 %	0,00 %

Wurde dieses ausgelaugte Silikat II wieder mit Kalilauge behandelt, zeigte es folgende Zusammensetzung: Kieselsäure 46,60 %, Tonerde 35,67 %, Kali 17,73 %. Es war also in das Silikatgerüst der gröfste Teil des Kaliums wieder aufgenommen worden, so dafs ein Zustand chemischen Gleichgewichts sich wieder herausgestellt hatte.

Wenn dem ursprünglichen Silikat I Chlorammonium zugefügt wurde, bekam es folgende Form: Kieselsäure 56,17 %, Tonerde 34,59 %, Kali 0,89 %, Ammoniak (NH^3) 8,37 %. Würde statt des Ammoniaks ein sehr grofser Überschufs von Kalksalzen vorhanden gewesen sein, hätte

---

[1]) s. Ramann, Bodenkunde, II. Aufl., S. 21. Berlin 1905. Jul. Springer. Auch im übrigen Teile dieses Abschnittes stützen wir uns, falls nicht andere Autoren angeführt sind, hauptsächlich auf das genannte Werk.

der Kalk das Kali aus dem Silikate gänzlich verdrängen können, wie die Versuche von Rümpler und später von Schlösing tatsächlich gezeigt haben. Derartige Vorgänge sind nun fortwährend vorhanden und zeigen, wie schnell ein Boden bei andauernden, reichen Niederschlägen ausgewaschen werden kann oder bei einseitiger Düngerzufuhr an anderen wertvollen Nährstoffen verarmen kann.

Eine weitere Enttäuschung zeigt sich bisweilen in dem Umstande, dafs man von einer Vermehrung des Nährstoffkapitals durch Düngung nicht die erhoffte Ertragssteigerung erhält. Dies tritt besonders bei reichen Böden manchmal hervor und erklärt sich dadurch, dafs solcher Boden gerade infolge seines Nährstoffreichtums nicht mehr zu absorbieren imstande ist. Namentlich tonarme Böden mit ihrer geringen Absorptionskraft werden derartige Erscheinungen bringen können.

Weitere schmerzliche Überraschungen, die mit der Absorption zusammenhängen, sind die Bodenvergiftungen durch Metallsalze. Alle Schwermetalle werden stark gebunden, und es ist daher z. B. in der Nähe von Hütten der zu beobachtende Mifswachs nicht immer der schwefeligen Säure des Feuerungsmaterials allein zuzuschreiben, sondern manchmal auch den grofsen Anhäufungen von Metallverbindungen. Der Umstand, dafs erfahrungsgemäfs kleine Quantitäten von Kupfer, Blei, Zink u. dgl. im Boden von den Pflanzen schadlos vertragen werden, hat bisher verhindert, dieser Art von Bodenvergiftung die nötige Aufmerksamkeit zu schenken.

Bei Kalium und Ammon, die beide stark gebunden werden, erfolgt die Absorption vielfach durch Austausch in äquivalenter Menge (3 Teile K^2O gegen 1 Teil NH^4); dabei gehen Natrium, Calcium und Magnesium in Lösung über. Nur schwach absorbiert wird das leichtlösliche, Salze bildende Natrium und in noch geringerem Grade das als Humat, Karbonat oder Phosphat vorhandene Calcium, das in den Silikaten leicht durch andere Basen ersetzt werden kann. Ähnlich verhält sich Magnesium. Säuren werden nur gebunden, wenn sie unlösliche Salze bilden. Dies ist namentlich der Fall bei Phosphorsäure, die mit Calcium, Magnesium, Eisen- und Tonerde unlösliche Verbindungen eingeht. Sehr schwach wird die Schwefelsäure, gar nicht die Salpetersäure und das Chlor absorbiert. Letzterer Fall verdient Beachtung bei den Chlorvergiftungen in der Nähe der Salzsäurefabriken.

Durch die verschiedene Absorptionsfähigkeit und den steten Austausch der Nährstoffe erklärt sich die teils aufschliefsende und damit die Pflanzenernährung fördernde, teils erschöpfende Wirkung mancher Düngungen. So erschöpfen die reichen Zufuhren von Kalisalzen und Chilisalpeter die Böden an Kalk und Magnesia. Der Ausdruck „ausgemergelter Boden“ deutet darauf hin, dafs der Mergel, ebenso wie der Gips, durch seine aufschliefsende Wirkung das Nährstoffkapital des Bodens frühzeitig erschöpfen kann. In seiner aufschliefsenden Wirkung liegt auch der Wert des Kochsalzes. In dem Säuregehalte, namentlich im Reichtum an Humussäuren, die die Absorption stark schwächen und alle Bodenbestandteile zu lösen imstande sind, liegt eine weitere Quelle mangelhafter Produktion. Dieser Gegenstand ist bei den Nachteilen der Moorböden und bei der Ortsteinbildung bereits eingehender behandelt worden.

Je weniger die einzelnen Nährstoffe festgehalten und je löslicher sie in ihren Verbindungen sind, desto leichter erfolgt ihre Auswaschung. Im besten Falle gelangen sie in tiefere Bodenschichten; in Gegenden

mit starken plötzlichen Niederschlägen können sie fortgeführt werden. Am leichtesten beweglich sind die wohl in den meisten Böden in kleinen Mengen vorhandenen Chloride; dann folgen die Nitrate, später die Sulfate; langsam geht es mit den Karbonaten von Kalk und Magnesia, und am dauerhaftesten sind die Phosphate. Gefährlich für die Kultur werden die Chloride in Gegenden mit sehr geringen Niederschlägen, wo sie sich an tiefliegenden Stellen ansammeln können und hochkonzentrierte Bodenlösungen erzeugen. Unter denselben Bedingungen kommen durch die Karbonate und Sulfate der Alkalien die sog. „Alkaliböden" zustande.

Am schwerstwiegenden ist die Stickstofffrage, und bei der äufserst leichten Löslichkeit der Nitrate kann eine Ausmagerung der oberen, Flachwurzler tragenden Bodenschichten stattfinden, wenn der Untergrund noch reichlich Stickstoff enthält. Dessen Nutzbarmachung kann dann nur durch Tiefwurzler erfolgen. Dafs bei schlechter Düngerbehandlung auf dem Acker noch grofse Verluste eintreten, kann der Praxis gegenüber nicht genug hervorgehoben werden. Betreffs der Kalksalze kommt der Gips als Träger der Schwefelsäure in Betracht. Bei den Kalkkarbonaten kann der Fall eintreten, dafs in feuchten Klimaten selbst auf Verwitterungsböden der Kalkgesteine der Boden kalkarm sein kann, weil das Karbonat langsam ausgewaschen wird. Dagegen gehören die Kalkphosphate sowie die Phosphorsäureverbindungen überhaupt (mit Ausnahme der Alkalien) zu den widerstandsfähigsten Mineralien. Eine Ausnahme findet nur in den Böden mit freien Humussäuren statt. Hier werden Phosphate, auch Eisenverbindungen löslich, und selbst die widerstandsfähigen Silikate werden zersetzt und in lösliche Form übergeführt. Daher die ungemeine Verarmung an allen Mineralbestandteilen mit Ausnahme des Quarzes bei den Heideböden.

Der natürliche Anreicherungsprozefs des Bodens durch Verwitterung, durch Anwehen neuer Bodenmassen, durch Fäulnis der organischen Substanz u. dgl., welcher der Auswaschung wirksam entgegenarbeitet, dürfte nur bei langlebigen Pflanzenbeständen ins Gewicht fallen. Hier ist der Umstand, dafs die tiefgehenden Wurzeln das Nährstoffmaterial aus dem Untergrunde holen und der Laubfall dasselbe den oberen Bodenlagen wieder zugänglich macht, sicher von grofser Wichtigkeit. Bei unseren Kulturen von ein- und zweijährigen Pflanzen finden wir diese Hilfe nur durch die Gründüngung.

Nicht zu übergehen ist schliefslich auch die Bodenverarmung durch Drainage. So nützlich diese Einrichtung ist, wie wir bereits früher bei der Bodendurchlüftung anerkannt, läfst sich doch nicht verkennen, dafs sie auch ihre grofsen Schattenseiten hat und stellenweise schädlich wirken kann. Dies bezieht sich namentlich auf die Auslaugung des Bodens an salpetersauren Salzen in Örtlichkeiten, in denen intensive Düngerzufuhr nicht ausführbar ist. Dort natürlich, wo reiche Stickstoffzufuhr vorhanden, steigert sich der Verlust zu bedeutender Höhe, wie beispielsweise die Analysen Lévy's von den Drainwässern der Pariser Rieselfelder beweisen[1]). In einem Liter der abfliefsenden Drainflüssigkeit waren enthalten an Ammoniakstickstoff 0,8—0,9 mg, an Salpeterstickstoff zwischen 19,1 — 27,1 mg. Das zur Berieselung verwendete Kloakenwasser enthielt 24,9 Ammoniakstickstoff und 0,9 Salpeterstickstoff. Der Vergleich dieser Zahlen zeigt dabei, dafs der in Form von

[1]) Wollny, E., Die Zersetzung der organischen Stoffe usw. Heidelberg 1897 S. 4.

Ammoniak zugeführte Düngerstickstoff bei seiner Durchwanderung des Bodens fast gänzlich zu Salpetersäure oxydiert wird. Die Untersuchungen von WAY[1]) zeigen, dafs durchschnittlich von den Mineralbestandteilen sich keine sehr grofsen Mengen im Drainwasser nachweisen lassen. Er fand in 1000 Teilen an Kali nur bis zu 0,003, an Kalk bis 0,186, an Schwefelsäure bis 0,138, an Phosphorsäure bis 0,002 Teile usw. Indes dürfen wir aber nicht vergessen, dafs es sich um dauernde Verminderungen handelt, die sich summieren, falls die Drainage reichlich läuft.

Eine übersichtliche Zusammenstellung 35 jähriger Lysimeterversuche in Rothamsted und neuerer Untersuchungen in Holland[2]) läfst erkennen, wie schnell in der Regel die Nitrifikation von Düngemitteln, wie den Ammoniaksalzen vor sich geht. Selbst im Herbst und Winter ist die Nitrifikation so lebhaft, dafs grofse Stickstoffverluste zu erwarten sind, weshalb es sich empfiehlt, Ammoniaksalze als Kopfdüngung im Frühjahr zu verwenden.

Bei Verwendung von Sulfaten und Chloriden des Ammoniaks wird der Kalk in Verbindung mit der Schwefel- und Salzsäure in grofsen Mengen in das Drainwasser gespült. Dieser Vorgang ist die notwendige Einleitung zur Bindung des Ammoniaks im Boden und der darauffolgenden Nitrifikation. Reicht der kohlensaure Kalk für diese Umsetzung nicht aus, so werden leicht die Ammoniaksalze den Pflanzen gefährlich. Da auch die Sulfate und Chloride des Kaliums wie die des Ammoniaks Gips und Chlorkalk bilden, die nicht vom Boden absorbiert werden, so sieht man, wie notwendig eine periodische Kalkung ist.

B. Die Arbeit der Bodenorganismen.

Der Tätigkeit der Tiere in bezug auf die Veränderung des Bodens ist im dritten Bande unseres Werkes Erwähnung getan; hier handelt es sich in erster Linie um die Arbeit der Bodenbakterien, deren landwirtschaftliche Bedeutung in sehr übersichtlicher kurzer Zusammenfassung von BEHRENS[3]) und HILTNER[4]) dargelegt worden ist.

Nach ihrer hauptsächlichsten Arbeitsleistung könnten wir bei den Bakterien von solchen, die die Stickstoffwanderung auslösen, und anderen, welche die kohlenstoffhaltigen Verbindungen angreifen (wie z. B. die Pektin- und Cellulosevergärer), und endlich von Humusbildnern und Humuszersetzern sprechen. Aber die Tätigkeit dieser Organismen an ihrem Nährsubstrat ist hier nicht allein zu würdigen, sondern, und zum Teil vorzugsweise, ihre gegenseitige Beeinflussung. Einzelne Gattungen oder Arten schliefsen einander aus, andere unterstützen einander.

Als ein hervorragendes Beispiel dient der Einflufs des Schwefelkohlenstoffes, von welchem man neben einer Giftwirkung auch eine direkt wachstumfördernde Reizwirkung angenommen hat. Letztere glaubte man in der Tatsache zu erkennen, dafs nach Verschwinden des Schwefelkohlenstoffes und seines wachstumhemmenden Einflusses eine deutlich erkennbare Erhöhung der Fruchtbarkeit eintrat. HILTNER gelang

[1]) Weitere Analysen bei A. MAYER, Agrikulturchemie. 5. Aufl. 1902 Bd. 2 Abt. 1 S. 118.

[2]) Beleuchtung der Bodennitrifikation durch Drainwasseruntersuchungen. Mitteil. d. D. Landw. Ges. 1906 Stück 13.

[3]) BEHRENS, Die durch Bakterien hervorgerufenen Vorgänge im Boden und Dünger. Arb. d. Deutsch. Landwirtsch.-Ges. 1901 Heft 64.

[4]) HILTNER, L., Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiete der Bodenbakteriologie usw. Arb. d. Deutsch. Landwirtsch.-Ges. 1904 Heft 98.

nun der Nachweis, dafs der Schwefelkohlenstoff hauptsächlich dadurch die wechselnden Erscheinungen bedingt, dafs er den Gleichgewichtszustand der Bodenbakterienflora stört. Durch seine fettlösende Eigenschaft drängt er gerade die bis dahin vorherrschenden Bakterien plötzlich zurück, sowie er überhaupt die Vermehrung der sämtlichen Arten aufhebt, solange er im Boden unverändert vorhanden ist. Verdunstet nun das Gift oder verschwindet durch Umsetzung, dann steigert sich die so lange zurückgehaltene Vermehrung der Bodenorganismen derart, dafs z. B. in einem Falle eine Vermehrung von 9 Millionen der auf Fleischpeptongelatine wachsenden Arten auf 50 Millionen in 1 g Erde nachgewiesen wurde. Von MORITZ und SCHERPE konnte dabei chemisch eine Erhöhung der Stickstoffproduktion und damit der Kartoffelernte festgestellt werden.

Unter Hinweis auf das über die Bodenbakterien bereits im zweiten Bande (S. 89) geschilderte Verhalten der Stickstoffbakterien ergänzen wir hier nur die dort angeführten Tatsachen. Nachdem nämlich WINOGRADSKY die Umwandlung des Ammoniakstickstoffs zu Salpeterstickstoff als aufeinanderfolgende Arbeitsleistungen zweier verschiedener Bakteriengruppen (Nitrit- und Nitratbildner) nachgewiesen hatte, wurde von OMELIANSKY festgestellt, dafs der Stickstoff der organischen Substanzen vorerst wieder durch andere Bakterien in Ammoniak verwandelt werden mufs. Bei dieser Arbeit können nun leicht Störungen eintreten, da die hier in Betracht kommenden Bakterien äufserst empfindlich gegen gelöste Stoffe sind. So wird beispielsweise der Salpetersäure bildende Organismus an seiner Tätigkeit vollständig gehindert, wenn noch Spuren von Ammoniak vorhanden sind.

Zahlreichen anderen Bakterienarten (man kennt deren bereits mehr als zwanzig) kommt im Gegensatz zu obigen die Fähigkeit der Denitrifikation, also der Reduktion des Salpeterstickstoffs bis zum freien in die Luft entweichenden Stickstoff zu. Auf diesen Vorgang hat man die Tatsache zurückführen wollen, dafs frischer Stallmist unter Umständen im Boden enthaltenen Salpeter schädigt und dafs Strohdüngung nachteilig wirkt. Jetzt erklärt man diese Erscheinung hauptsächlich dadurch, dafs eiweifsbildende Organismen den aufnehmbaren Bodenstickstoff festgelegt haben (PFEIFFER und LEMMERMANN, sowie GERLACH und VOGEL). Diese Bakterien führen den Salpeter zunächst in Nitrit und dann in eiweifsartige Verbindungen über. Dafs dazu aber bestimmte Nebenbedingungen gehören, zeigt ein HILTNER'scher Versuch, bei dem die Strohdüngung bei Topfkulturen ganz ungemein schädlich sich erwies, während sie in gleichen Gaben in freiem Lande eine günstige Wirkung ausübte. Wahrscheinlich ist dieser Widerspruch darauf zurückzuführen, dafs die entstandenen eiweifsartigen Produkte im Freiland schneller in wieder aufnehmbare Produkte verwandelt werden können.

Für die Betrachtung der Nährstoffwanderung und -wandlung durch die Bodenbakterien kommt schliefslich auch noch der Vorgang der Stickstoffsammlung, d. h. der Assimilation des freien Stickstoffs durch Bakterien in Betracht. Aufser dem von WINOGRADSKY vor langer Zeit bereits festgestellten anaëroben *Clostridium Pastorianum* (*Pasteurianum*), das bei genügenden Mengen von Kohlenhydraten den elementaren Luftstickstoff zu seiner Ernährung verwenden kann, sind durch BEIJERINCK auch sauerstoffliebende Arten, wie *Azotobacter chroococcum*, aufgefunden worden. Diese in jedem Ackerboden vorhandene Art konsumiert äufserst grofse Mengen von Kohlenhydraten bei ihrer Stickstoff-

assimilation (nach Gerlach und Vogel 8,9 mg Stickstoff bei 1 g Traubenzucker).

Hierher zu rechnen sind auch die Veränderungen der Waldstreu, bei der die Stickstoffanreicherung von Henry[1]) berechnet worden ist. Er hebt hervor, dafs bei der auf feuchtem Boden im Sommer sehr lebhaften (im Winter kaum bemerkbaren) Zersetzung abgestorbener Eichen- und Buchenblätter und Fichtennadeln allein oder im Gemisch mit Erde Stickstoff gespeichert wird. Nach seinen Berechnungen können abgefallene Eichenblätter binnen Jahresfrist 20 kg Stickstoff pro Hektar sammeln. Auf trockenem Boden bereicherte sich das tote Laub entweder gar nicht (Rotbuche) oder doch nur ganz unbedeutend (Weifsbuche, Fichte). Ein Stickstoffverlust wurde jedoch in keinem Falle beobachtet.

Indirekt mitwirkend, und zwar speziell bei der Stickstoffanreicherung des Bodens, reihen sich hier auch die Knöllchenbakterien an, die im Nitragin[2]) als Handelsware eingeführt sind, während ein rein gezüchtetes Material von frei lebenden Stickstoffsammlern als „Alinit" verkauft wird. Die neueren Untersuchungen weisen darauf hin, dafs nicht blofs für einzelne Nährpflanzen angepafste Rassen derselben Bakterienspezies anzunehmen sind, sondern dafs verschiedene Arten zu unterscheiden sind. Hiltner hält hauptsächlich wegen ihrer morphologischen und physiologischen Verschiedenheit zwei Arten einander entgegen, nämlich *Rhizobium radicicola* und *Rh. Beijerinckii*. Dafs die Knöllchenbakterien nicht ernährend für die Leguminosenpflanzen wirken können, so lange noch Salpeter im Boden den Wurzeln zur Verfügung steht, und die Wirksamkeit dieser Organismen erst beginnt, wenn die Leguminosen einige Zeit hindurch an Stickstoffhunger leiden, sei hier nur nebenbei erwähnt, um die Abhängigkeit des Bakterienlebens von den verschiedenen Faktoren weiter zu illustrieren. Als ein solcher Faktor wird auch die Wurzelausscheidung einer jeden Pflanze gelten müssen. Ja auch die ganz gesunden Samen, welche in den Boden kommen, und die grünen Teile gesunder Keimpflanzen besitzen ihre spezifische Bakterienflora, die sich stark vermehren und in den Boden ausschwärmen kann. Dabei können andere Mikroorganismen verdrängt werden[3]). Aus derartigen Ungleichheiten der Vegetationsbedingungen im Boden müssen notwendigerweise bedeutende Schwankungen in der Individuenzahl jeder Bakterienart und damit in der Gesamtarbeitsleistung betreffs Herstellung des für unsere Kulturpflanzen zuträglichen Nährstoffmaterials entstehen. Wenn nun durch einzelne Umstände, wie z. B. durch spezifische Wurzelausscheidungen, einer bestimmten Pflanzenart Bakterienarten angelockt und zu starker Vermehrung veranlafst werden, welche einzelne Nährstoffe, vor allem aber den Stickstoff, in eine für die Kulturpflanzen ungünstige Form überführen, dann kann der Fall eintreten, dafs die Chemie den Gesamtnährstoffvorrat als genügend, ja vielleicht als überreich nachweist und die Pflanzen doch in ihrer Produktion zurückgehen. Wir stehen dann vor den Er-

---

[1]) Henry, E., Über die Zersetzung der abgefallenen Blätter im Walde usw. (Annal. Sc agron. franc. VIII). cit Centralbl. Agrik. Chem. 1904 S. 793.

[2]) Betreffs der Bodenimpfung mufs man berücksichtigen, dafs die Bakterien, wie alle Pflanzen, nur gedeihen werden, wenn der Boden so beschaffen ist, dafs er ihre Vermehrung begünstigt Sie müssen, wie Remy sehr bezeichnend dies ausdrückt, ihr richtiges „Bodenklima" finden.

[3]) Düggeli, M., Die Bakterienflora gesunder Samen usw. Centralbl. f. Bakt. II, 1904, Bd. XIII S. 198.

scheinungen der Bodenmüdigkeit. Darauf bezügliche Versuche erwähnt Hiltner, der bei Erbsen, welche im Laufe von drei Jahren siebenmal in derselben, nur verschieden gedüngten Erde in Töpfen erzogen worden waren, in der dritten Generation ausgesprochene Anzeichen der Bodenmüdigkeit wahrnahm. „Die Pflanzen kränkelten, neigten leicht zu Befall, vergilbten vorzeitig und gaben schlechte Ernten.“ In den späteren Generationen wurde bei diesem Versuch die Erkrankung überwunden. „Die Wurzeln der Erbsenpflanzen waren jetzt auffallend gebräunt, innerlich aber ganz weiſs und gesund, und es lieſs sich nachweisen, daſs nunmehr eine regelrechte *Bakteriorhiza* vorhanden war, die, gebildet durch angepaſste nützliche Bakterien, das weitere Eindringen der schädlichen Organismen verhinderte [1].“

Bezüglich der Rebenmüdigkeit zitiert Behrens (a. a. O. S. 110) die Beobachtungen von A. Koch, wonach dieselbe durch eine Anhäufung schädlicher Mikroorganismen hervorgerufen wird. Nach dem Sterilisieren des kranken Bodens (nicht des gesunden) wurde das Rebenwachstum ein besseres.

Wenn eine solche Verschiebung in der Zusammensetzung der Bakterienflora nach der kulturschädlichen Richtung hin stattfindet, dann erklärt sich auch die Steigerung der Bodenmüdigkeit durch eine in kurzen Zwischenräumen vor sich gehende Wiederholung des Anbaues derselben Pflanze auf einem bestimmten Ackerstück. Und diese Ansammlung feindlicher Elemente wird nicht bloſs für die Bakterien ihre Gültigkeit haben, sondern auch für andere pflanzliche und tierische Feinde, welche Bodenmüdigkeit veranlassen können.

Unter den Bakterien, welche bei mehrmaligem Anbau von Leguminosen im Boden sich anhäufen, fand Hiltner, daſs die Pektinvergärer in Wirksamkeit treten. Er fand, daſs in stark erbsenmüden Böden vollkommen gesunde Erbsensamen besonders durch diese als starke Säurebildner bekannten Bakterien verfaulten.

Eine anderweitige Abweichung der normalen Bakterienarbeit im Boden ist die Vertorfung des Düngers. Man findet in schweren Böden oft noch nach Jahren den eingebrachten Dung ziemlich unzersetzt wieder. Ebenso vertorft bisweilen eine zu tief untergebrachte Gründüngung. Es vollziehen sich infolge des zu beschränkten Luftzutritts die Rohhumusbildungen. Die Herstellung einer richtigen krümeligen Humusdecke ist aber das Endziel unserer Bodenbearbeitung; denn durch den Humus erhalten wir die Ausgleichung der Extreme von Hitze und Kälte, Nässe und Trockenheit und den richtigen Nährboden, der den meisten Bodenbakterien erst die Existenzmöglichkeit liefert. Ist diese vorhanden, dann entwickelt die Ackerkrume ihr eigentliches Leben, das bis zu einem gewissen Grade durch die Kohlensäureproduktion meſsbar ist. Wie dabei die Bakterien mitwirken, zeigen einige Angaben von Stoklasa und Ernest [2], welche die Atmungsintensität von 100 g Trockensubstanz des *Bacterium Hartlebi*, einer Denitrifikationsbakterie, auf 2,5 g Kohlendioxyd pro Stunde berechneten: bei derselben Menge Trockensubstanz von *Clostridium gelatinosum*, einem Ammoniakbildner, ergab die Kultur 2,0 g Kohlensäure. Daſs die Kohlensäureproduktion eines Ackers wirklich vom Bakterienleben in erster Linie

[1]) Bodenpflege und Pflanzenbau. Arb. d. D. Landwirtsch.-Ges. Heft 98 S. 74.
[2]) Stoklasa, J., und Ernest, A., Über den Ursprung, die Menge und die Bedeutung des Kohlendioxyds im Boden. Centralbl. für Bakteriologie usw. II. Abt. 1905 Bd. XIV Nr. 22/23 S. 725.

abhängig ist, beweist der Umstand, dafs nach Sterilisation des Versuchsbodens keine Kohlendioxydproduktion zu beobachten war.

Über den Einflufs der Durchlüftung finden wir bei den genannten Autoren folgende Mitteilungen: Ein Waldboden aus tiefer Lage lieferte binnen 24 Stunden pro Kilo in Aërobiose 59, in Anaërobiose 0 mg, ein Torfboden in Aërobiose 41 mg in Anaërobiose 7 mg Kohlensäure. Natürlich sprechen Wärme und Feuchtigkeit ausschlaggebend mit. Je reicher auf einem Acker die Kohlensäureproduktion, desto vollständiger vollzieht sich der chemische Prozefs der Bindung des flüchtigen Ammoniaks, wie SCHNEIDEWIND[1]) beobachtet hat. Diese Frage kommt hier insofern in Betracht, als die Stickstoffverluste bei Zufuhr tierischen Dunges eine Verarmung des Bodenkapitals darstellen. Wurde Stalldünger in gewöhnlicher Behandlung in einer Düngergrube belassen, so zeigte er nach dreimonatiger Lagerung einen Stickstoffverlust von 30,31 %; lagerte er aber auf einer Unterlage von stark Kohlensäure produzierenden altem Dünger, betrug der Verlust nur 16,94 %. Hier mufste also die reichliche Kohlensäure das flüchtige Ammoniak gebunden oder doch die Dissoziation des gebildeten kohlensauren Ammoniaks verhindert haben.

Zu den empfindlichsten, weil häufigsten Schädigungen gehört der sogenannte „ungare Boden“. Derselbe unterscheidet sich durch seinen Mangel an Elastizität von dem garen, der unter dem Einflufs der löslichen Bodensalze und Mikroorganismen die bereits früher besprochene Krümelstruktur annimmt. In Rücksicht auf den vorwiegenden Anteil der Bakterien an den Zersetzungserscheinungen können wir die Gare des Ackers als eine Arbeit derselben bezeichnen. Wenn wir auch noch lange nicht alle sich im gärenden Boden vollziehenden Prozesse kennen, so wissen wir doch, dafs wir die Gare bis zu einem bestimmten Grade als wirkliche Gärung auffassen dürfen. Erinnert sei nur an die speziellen Pektinvergärer (*Plectridien*), die bei der Keimung der Leguminosensamen von Bedeutung erscheinen, ferner an die Cellulosevergärer mit vorwiegender Bildung von Wasserstoff und Methan (Sumpfgas CH^4). Weiter kommen die *Streptothrix*-Arten als Humusvergärer in Betracht, besonders aber die Säure bildenden Granuloseorganismen[2]), die vorwiegend Buttersäure und Kohlendioxyd produzieren, wobei die Plectridien die Hauptarbeit bei der Mineralisierung der organischen Substanz übernehmen. Der Stickstoffsammler (*Bacillus radicicola* und *megaterium*, *Clostridium Pasteurianum*, *Azotobacter*), sowie der Ammoniakbildner (*Bacillus ureae*, *albuminis*, *proteus vulgaris*[3]), *butyricus*, *mycoides*, *subtilis*, *mesentericus vulgatus*, *foetidus*, *Bacterium coprophilum* usw.), der nitrifizierenden (*Bacterium nitrobacter* usw.) und denitrifizierenden Gattungen (*Bacillus mycoides*, *subtilis*, *liquidus*, *nubilus*, *vulgaris*, *coli*, *prodigiosus*, *liquefaciens*, *Bacterium fuscum*, *Clostridium gelatinosum* usw.) ist bereits gedacht worden, und nun erinnere man sich noch an die spezifischen Fäulnisorganismen. Alle diese biologischen Prozesse spielen sich im garen Boden ab, ergänzen oder bekämpfen einander, je nach den jedesmaligen klimatischen Verhältnissen des Bodens.

[1]) SCHNEIDEWIND, Zur Frage der Stalldüngerkonservierung. Deutsche landw. Presse 1904 Nr. 73.

[2]) LÖHNIS, F., Über die Zersetzung des Kalkstickstoffs. Centralbl. f. Bakt. II 1905 Nr. 3/4 S. 87.

[3]) STOKLASA, J., Über die Schicksale des Chilisalpeters im Boden usw. Blätter f. Zuckerrübenbau 1904 Nr. 21.

Aufser den Bakterien hat man auch grüne Algen, deren Erscheinen als Zeichen einer guten Gare gilt, als Stickstoffsammler angesprochen. Nach KOCH[1]) ist aber dies wohl nicht der Fall, sondern ihr Wert darin zu suchen, dafs sie durch ihre Chlorophylltätigkeit den stickstoffbindenden Bodenbakterien kohlenstoffhaltige Nahrung liefern. Von den blaugrünen Algen behaupteten BEIJERINCK, SCHLÖSING und LAURENT die Fähigkeit, freien Stickstoff zu assimilieren, und ebenso sollen nach SAIDA[2]) eine Anzahl Schimmelpilze (*Mucor stolonifer* und *Aspergillus niger*) diese Fähigkeit besitzen.

Wenn TREBOUX[3]) neuerdings hervorhebt, dafs die Tätigkeit der Nitrit- und Nitratbakterien häufig versagen dürfte, dafs aber das im Boden zurückgehaltene Ammoniak den Pflanzen stets zur Verfügung ist und verarbeitet wird, so ist dies für viele Fälle zuzugeben. Auch andere Forscher haben die Nützlichkeit der Ammoniakernährung nachgewiesen. Aber schliefslich beruht die Ammoniakbildung im Boden doch auf Verwesung, an der Bakterien beteiligt sind.

Das Wachstum der Mehrzahl der die Fruchtbarkeit des Bodens bedingenden Mikroorganismen ist an einen reichlichen Wechsel von Feuchtigkeit und abtrocknender Durchlüftung bei genügender Wärme gebunden, und diese Verhältnisse fehlen bei schweren Böden in nassen Perioden: der Boden bleibt ungar. Hier läfst sich die Pflege der nützlichen Bodenbakterien nur durch fortgesetzte Bodenbearbeitung erzielen, und anerkannte Praktiker empfehlen möglichst schnellen Umbruch der Getreidestoppeln auf Lehmböden zur Erzielung eines gröfseren Stickstoffgewinns durch früher beginnende Gare. In der Lauchstädter Versuchswirtschaft wurden nahezu dieselben Erfolge durch frühzeitiges Pflügen wie durch eine Gründüngung erzielt. Auf allen schweren Böden ist das Herbstpflügen für die Frühjahrsbestellung das wesentlichste Vorbeugungsmittel gegen ungaren Boden.

Neuerdings wieder zu Ehren kommt die Brache[4]) bei schweren Böden. Bei leichten Bodenarten wird sie als Verschwendung anzusehen sein. Das Wohltätige der Brache ist ihre aufschliefsende Wirkung, über deren Zustandekommen ein endgültiges Urteil noch aussteht. Wir glauben, dafs physikalische, chemische und bodenbakteriologische Vorgänge dabei ergänzend ineinander greifen. Der Winter wirkt um so besser lockernd, je öfter der Boden auftaut und wieder durchfriert; dadurch wird das Eingreifen des Verwitterungsprozesses begünstigt und der Boden für die nützlichen Arten der Bodenbakterien geöffnet. Zu welchen Gattungen dieselben gehören, ist noch nicht sicher festgestellt. HILTNER hat zunächst nachgewiesen, dafs es nicht die Alinitbakterien sind. In letzter Linie wird es stets darauf ankommen, den Nitrifikationsbakterien die höchste Arbeitsleistung zu ermöglichen; denn nach REITMAIR[5]) setzt in guten, milden Böden bei genügender Wärme gleich nach der herbstlichen Ernte die Nitrifikation des Bodens sofort derartig

[1]) KOCH, A., Bodenbakterien- und Stickstofffrage. Verh. d. Gesellsch. deutscher Naturf. zu Karlsbad. 1903. Teil I S. 182.

[2]) s. VOGEL, J., Die Assimilation des freien elementaren Stickstoffs durch Mikroorganismen. Centralbl. f. Bakteriol. II, 1905, Bd. XV S. 174.

[3]) TREBOUX, O., Zur Stickstoffernährung der grünen Pflanzen. Ber. d. botan. Gesellsch. 1905. S. 570.

[4]) s. HILLMANN, Bedeutung der Agrikulturphysik usw. Nachrichten aus dem Klub der Landwirte, 1902 Nr. 453, und Mitteil. d. D. Landw.-Ges.

[5]) REITMAIR, O., Die Stellung der Brache und der Gründüngung in unsern modernen Fruchtfolgen. D. Landw. Presse. Sond. 1903.

wieder ein, daſs der Bedarf einer folgenden Halmfrucht an Nitraten bis zum nächsten Frühjahr wieder gedeckt wird. Voraussetzung ist dabei aber die richtige Krümelung und ein gewisser Kalkgehalt [1]). (Siehe auch das bei Drainwässern Gesagte.)

Natürlich wird man mit STUTZER [2]) betonen müssen, daſs nur unter bestimmten Umständen die Brache zur Anwendung gelangen kann. Wir glauben, daſs sie dann angebracht ist, wenn es dem Landwirt rechnerisch am vorteilhaftesten erscheint, den Acker lieber für die lange Zeit der Brache zu entbehren, als die schneller wirkende Gründüngung und Stallmistzufuhr anzuwenden. Auf diese allein ist wegen ihrer mechanisch lockernden Eigenschaften bei zur Ungare neigenden Bodenarten Gewicht zu legen und nicht auf die Düngesalze. Der Stickstoff der organischen Dungmassen erscheint, wie PFEIFFER [3]) besonders betont, im Boden festgelegt, gleichsam kapitalisiert und zeigt daher eine lange Nachwirkung. Dieser Autor ist übrigens ein Gegner der Brache, die er als Raubbau betreffs des Stickstoffkapitals bezeichnet. Er versteht darunter einen unvollständigen Ersatz der den Äckern durch die Ernten entzogenen Nährstoffmengen. Die bei der Brachhaltung gewonnenen löslichen Stickstoffverbindungen gingen nach PFEIFFER's Ansicht dem unbebauten Boden gröſstenteils durch die Sickerwässer wieder verloren. Solche Bedenken sind unserer Ansicht nach vollständig gerechtfertigt für leichte Böden, fallen aber bei schweren, durch Ton mit reicher Absorptionskraft versehenen, durch die Ernten geschwächten Bodenarten fort.

2. Verhalten der Nährstoffe zu den Pflanzen.

Die Erscheinungen, welche in diesem und dem folgenden Abschnitt zu behandeln sind, dürfen nur selten als alleinige Folgen eines Mangels oder Überschusses des Nährstoffkapitals im Boden aufgefaſst werden. Sie sind meist das Ergebnis des Zusammenwirkens zahlreicher Faktoren, unter denen der Feuchtigkeitsgehalt der Luft eine besonders maſsgebende Rolle spielt. Wir wollen nicht vergessen, daſs fast alle Krankheiten nur durch eine unpassende Kombination der normalen Vegetationsfaktoren zustande kommen und eine Störung des Gleichgewichtes der ineinandergreifenden Ernährungsvorgänge sind, wodurch bestimmte Prozesse zurückgedrückt werden und andere in störender Weise ein Übergewicht erlangen.

Wenn wir jetzt von Krankheiten durch Wasser- und Nährstoffmangel oder -überschuſs sprechen, so ziehen wir dabei auch die Erscheinungen hinein, bei denen an einzelnen Stellen des Pflanzenkörpers Atrophien und Hypertrophien eintreten. Diese brauchen nicht auf einem wirklichen Mangel oder Überschuſs von Wasser und Nährmaterial im Boden zu beruhen, sondern können einfach dadurch zustande kommen, daſs der Organismus durch die Kombination der Wachstumsfaktoren nicht imstande ist, alle Organe in einer für die Gesamtentwicklung

---

[1]) WOHLTMANN, F., FISCHER, H., und SCHNEIDER, Ph., Bodenbakteriologische und bodenchemische Studien aus dem Poppelsdorfer Versuchsfelde. Journ. f. Landwirtschaft 1904 S. 97.

[2]) STUTZER, A., Die Nutzbarmachung des Stickstoffs der Luft für die Pflanzen. D. Landw. Presse 1904 Nr. 10—19.

[3]) PFEIFFER-Breslau, Stickstoffsammelnde Bakterien, Brache und Raubbau. Berlin, P. Parey, 1904. cit. Centralbl. f. Agrik. Chem. 1905 S. 599.

vorteilhaften Weise zu ernähren. Zu den absoluten Mangel- und Überschufserscheinungen treten daher die relativen in Form von Störungen des lokalen Gleichgewichts.

A. Wasser- und Nährstoffmangel.

a. Wassermangel.

Einflufs der verschiedenen Vegetationsdecken.

Nachdem wir bereits früher der physikalischen Vorgänge, welche zu Wassermangel im Boden führen, gedacht und eine Anzahl davon herrührender Krankheitserscheinungen besprochen haben, müssen wir ergänzend noch des Einflusses gedenken, den die Vegetationsdecke selbst auf den Wassergehalt des Bodens ausübt. Auf demselben Boden bei denselben Witterungsverhältnissen findet eine Kulturpflanze auf einem Teile des Ackers genügenden Wasservorrat zu ihrer Entwicklung und auf einem anderen Teile nicht, wenn auf ersterem eine anspruchslosere Art kultiviert worden ist, welche geringere Mengen Wasser dem Boden entzogen hat. Also die Vorfrucht wird für jede Bestellung von Bedeutung.

Der Wassergehalt ist, wie Wollny[1]) festgestellt, in der Wurzelregion eines mit Pflanzen bestandenen Ackers geringer als in der korrespondierenden Schicht des nackten Bodens. Je üppiger der Pflanzenbestand, je dichter und langlebiger derselbe ist, desto mehr verliert der Boden an Wasser. Die Versuche lassen zwar keine feste Skala des Wasserverbrauchs feststellen, doch weisen sie darauf hin, dafs durchschnittlich die immergrünen Nadelhölzer die gröfsten Wassermengen beanspruchen, worauf in absteigender Linie die Laubhölzer und perennierenden Futterpflanzen folgen, während die flachwurzelnden Ackergewächse den Gesamtvorrat an Wasser im Acker weniger in Anspruch nehmen. Am meisten scheinen von letzterer Gruppe die blattreichen, aufrechtstehenden Schmetterlingsblütler, wie Acker- und Buschbohnen, Wasser in ihrer Hauptentwicklungszeit zu verlangen, während die bei weitem Stande angebauten Wurzel- und Knollengewächse an letzter Stelle zu nennen sind. Im Sommer brauchen die perennierenden Futtergewächse etwas gröfsere Mengen als die Ackerpflanzen und Nadelhölzer; im Frühjahr und Herbst ist es umgekehrt. Im Winter gleichen sich die Ansprüche der verschiedenen Gewächse aus mit Ausnahme der Nadelhölzer, welche bei milder Witterung immer noch gewisse Mengen Wasser dem Boden entziehen.

Denselben Gegenstand behandelt v. Seelhorst[2]), der zu dem Schlusse kommt, dafs Roggen den Acker in bezug auf die Feuchtigkeit bedeutend weniger erschöpft als Weizen. Dieser Umstand wird sehr wesentlich für eine etwa nachfolgende Gründüngungspflanze; denn nach dem später das Feld räumenden Weizen kommt diese nicht nur später in den Boden, sondern findet nun auch einen viel trockneren Standort. Der Klee erschöpft das Land äufserst stark an Wasser, so dafs in trockenen Jahren die ihm folgende Winterung, abgesehen davon, dafs

---

[1]) Wollny, E., Über den Einflufs der Pflanzendecken auf die Wasserführung der Flüsse. Vierteljahrsschr. d. Bayer. Landwirtschaftsrates 1900 S. 389.

[2]) v. Seelhorst, Untersuchungen über die Feuchtigkeitsverhältnisse eines Lehmbodens unter verschiedenen Früchten. Journ. f. Landwirtsch. 1902 Bd. 50. cit. Centralbl. f. Agr. Chemie 1903 Heft 6.

durch den Kleestoppel der Boden leicht sperrig wird, sich wegen Wassermangel nur langsam und ungleich entwickeln kann.

Dagegen scheint die Kartoffel, wenigstens die mittelfrühe, eine gute Vorfrucht zu bilden, da sie das Land ziemlich feucht zurückläfst. Auch Erbsen bilden eine gute Vorfrucht für die Winterung. Besonders ungünstig wird von v. Seelhorst der Hafer beurteilt, und zwar nicht so sehr wegen der Nährstofferschöpfung, als wegen der starken Wasserentziehung.

Im Anschlufs an die Feldgewächse ist auch des schädlichen Einflusses einer Rasennarbe zu gedenken. Dafs eine geschlossene Narbe den Wurzeln der holzartigen Gewächse, namentlich der Obstbäume, das Wasser wegfängt und die Krume verarmen macht, ist leicht verständlich; aber neuerdings hat man eine direkte Giftwirkung des Rasens behauptet[1]), die vielleicht darin zu suchen sei, dafs durch die Grasnarbe nützliche Bakterienarten unterdrückt und schädliche begünstigt würden. In dem gemeldeten Falle waren die Wurzeln der Bäume (Apfelbäume) lang, abnorm dünn und gebräunt, das Laub war sehr hell und fiel 14 Tage früher ab. Die Belaubung war spärlich, der Holzzuwachs gering. Sobald die Wurzeln oder auch nur ein gröfserer Teil derselben in den nicht von Rasen gedeckten Grund kamen, verschwanden die Krankheitserscheinungen. Diese stimmen im wesentlichen mit den auf schweren, undurchlässigen Böden durch Sauerstoffmangel erzeugten überein, so dafs es keineswegs notwendig erscheint, eine Giftwirkung anzunehmen. Wir sehen, dafs in vielen Fällen, namentlich auf leichten Böden, die Rasennarbe nicht schadet, wenn für Nährstoffe im Bereiche der Baumwurzeln Sorge getragen wird. Auf schliefsenden Tonböden wird der Rasen sich von dem kapillar aufsteigenden Wasser des Untergrundes lange grün erhalten und dem Untergrunde viel Feuchtigkeit entziehen, ohne ihm solche während der Vegetationszeit in nennenswerter Menge zurückzugeben, weil er die atmosphärischen Niederschläge für sich verbraucht.

Das Welken.

Dafs die Erscheinungen des Welkens auch bei Wasserreichtum im Boden eintreten können, indem die Wurzeln unvollkommen funktionieren, ist bereits bei Besprechung des „physiologischen Welkens“ erwähnt worden. In Böden mit hohem Gehalt an löslichen Salzen wird unter Umständen das Wasser so festgehalten, dafs die Wurzel nur mühsam ihren Bedarf decken kann. Es treten dann die Erscheinungen zutage, welche man bei Anwendung hochkonzentrierter Nährstofflösungen auch experimentell hervorrufen kann: kurze Internodien, kleinere Blätter, kürzere Wurzeln, die grofse Neigung zur Fäulnis zeigen, Herabminderung der Produktion und Transpiration. — Eine weitere Ursache des Welkens ist die Temperaturerniedrigung des Bodens. Wird die Wärme nicht erreicht, welche eine bestimmte Pflanze braucht, damit ihre Wurzel das Geschäft der Wasseraufnahme beginnen kann (Kältestarre), während die Lufttemperatur die Verdunstung seitens des Blattapparates zuläfst, macht sich diese Störung des Gleichgewichtes zwischen Wasserverbrauch und -zufuhr alsbald durch Welken bemerkbar.

Ein spezieller nicht seltener Fall ist das Welken von Warmhaus-

---

[1]) Bedford, Duke of, and Pickering, Spencer, U., The effect of grass on trees. Third report of the Woburn exper. fruit farm. London 1903.

pflanzen bei Abkühlung der Töpfe während des Umarbeitens der Warmbeete oder bei dem Verpflanzen usw. Unerfahrene Gärtner giefsen dann häufig und sehen einen Erfolg, wenn das vorgewärmte Wasser die Wurzeltätigkeit weckt. Bei Wiederholung der Abkühlung wird dasselbe Experiment ausgeführt, bis schliefslich der Topf mit Wasser überladen ist und die Wurzeln durch Sauerstoffmangel zugrunde gehen.

Ein anderer Fall des Welkens der Topfkulturen wurde von HELLRIEGEL beobachtet. Er fand, dafs Pflanzen in grofsen Töpfen welkten, die einen mehr als dreimal so grofsen Wasservorrat führten als kleine Töpfe mit Pflanzen derselben Spezies, die nicht welkten. Dieser Umstand erklärt sich aus dem relativen Wassergehalt der Erde, der in den kleinen Gefäfsen noch 14—20% betrug, während die absolut gröfsere Wassermenge bei der gröfseren Erdmasse der grofsen Gefäfse so verteilt war, dafs sie nur noch 11—15% Bodenfeuchtigkeit repräsentierte. In diesem Falle war durch die schwierigere Bewegung des fester gehaltenen Wassers in den Bodenkapillaren den Wurzeln in den gröfseren Gefäfsen die Aufnahme erschwert, so dafs die Verdunstung das Übergewicht erlangte.

Gegenüber diesem physiologischen Welken möchten wir die Welkerscheinungen bei wirklichem Wassermangel im Boden als mechanisches Welken bezeichnen, weil der mechanische Wassertransport in den Gefäfsen nachläfst. Natürlich mufs bei starkem Wasserverbrauch der Blätter und geringem Nachschub in den Gefäfsen der Luftgehalt steigen, und in dieser Steigerung des Luftgehaltes über ein gewisses Mafs hinaus ist, wie STRASBURGER[1]) betont, die Behinderung der Wasserbewegung in den Achsenorganen zu erblicken. Dabei wird auch die Luft in den trachealen Elementen um so mehr verdünnt, je stärker an warmen Tagen Transpiration und Assimilation sind[2]), und die Folge ist, dafs eine Befeuchtung des Bodens um so schneller zur Wirksamkeit gelangt. Im allgemeinen übt das Begiefsen einen um so geringeren Einflufs aus, je turgescenter die Pflanze ist[3]). Die grofse tracheale Luftverdünnung kommt auch bei der bekannten Tatsache in Betracht, dafs die bei heifsem Wetter schnell welkenden Feldgewächse von der Betauung des Bodens in der Nacht schon Nutzen ziehen werden, namentlich da die Verdunstung durch die Blätter zu dieser Zeit herabgedrückt ist.

Die Produktionsänderung durch Wassermangel.

Auch des verschiedenartigen Ernteertrages infolge von Wassermangel ist bereits in früheren Abschnitten gedacht worden, so dafs wir hier nur ergänzend einige weitere Fälle anzuführen brauchen. Am schlagendsten sind die HELLRIEGEL'schen[4]) Versuche. Zwei Proben von Kleeblättern wurden einem Felde entnommen, bei dem sich stellenweise ein Welken der Pflanzen kundgab. Es wurde gefunden:

[1]) STRASBURGER, Ed., Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena 1891. cit Bot. Zeit. 1892 S. 261.

[2]) NOLL, Über die Luftverdünnung in den Wasserleitungsbahnen der höheren Pflanzen. Sitzungsber. d. Niederrheinischen Ges. f. Natur- und Heilkunde. Bonn 1897. II S. 148.

[3]) CHAMBERLAIN, HOUSTON STEWART, Recherches sur la sève ascendante. cit Bot. Jahresb. 1897 S. 73.

[4]) a. a. O. S. 544.

an welken Pflanzen:	Blätter 71,0 %	Wasser,	Blattstiele 78,4 %,
	„ 71,1 %	„	„ 80,8 %,
an straffen Blättern zwischen den welken:	82,5 %	„	„ 90,0 %.

An Trockensubstanz hatten die welken Blätter in den Blattflächen ca. 29 %, in den Blattstielen 19—21 %; dagegen die straffen Pflanzen in den Blattflächen 17,5 % und in den Blattstielen 10 %, also fast nur die Hälfte von jener der welken Pflanzen.

Ein Beispiel für die Beeinflussung des Getreides durch Trockenheit liefern die Untersuchungen von PRIANISCHNIKOW[1]), wonach der Stickstoffgehalt im Korn zunimmt, wenn die Feuchtigkeit sich verringert. Ein ausführlicheres Bild über den Einfluſs der Nährstoffaufnahme und -verarbeitung in trockenen Jahren gewähren die Studien von STAHL-SCHROEDER[2]). Nach Erwähnung der bekannten Tatsache, daſs Phosphorsäure das Reifen beschleunigt, Stickstoff und Kali dasselbe verzögern, wird betont, daſs für die Nährstoffaufnahme die Monate vor der Blüte die bedeutungsvollsten sind. Herrscht in dieser Zeit Wassermangel im Boden, so wird eine geringere Menge organischer Substanz entstehen. Aber die leicht durch die Zellwände dringende Salpetersäure kann doch ihren Weg in die Pflanzen finden und ihrerseits wieder zur Phosphorsäureaufnahme anregen, um die Bildung von Proteïnstoffen zu bewirken. Auf diese Weise kommen in trockenen Jahren geringe Ernten mit hohem N- und P-Gehalt zustande. Die Stickstoffsteigerung tritt auch mehr zutage, da bei der Trockenheit die Stärkefüllung des Korns sehr erschwert wird. Der umgekehrte Fall läſst sich bei den norwegischen Kornproben feststellen, deren hohes absolutes Gewicht durch reiche Stärkeeinlagerung bedingt ist. Diese erklärt sich durch das Wachstum des Getreides bei reichlicher Feuchtigkeit unter dem Einfluſs der langen Tage.

In direkten Zahlen ausgedrückt finden wir das Sinken der Produktion mit dem Rückgang des den Pflanzen zur Verfügung stehenden Wassers bei Versuchen von HELLRIEGEL mit Gerste in mit Sand gefüllten Töpfen.

Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz in Stroh und Spreu	Trockensubstanz in Körnern	
80—60	7394 Mg	4896 Mg	Durchschnitt von je 3 Pflanzen.
60—40	5988 „	4133 „	
40—20	4842 „	1942 „	

Die Töpfe mit einer Bodenfeuchtigkeit unter 20 % der Wasserkapazität des Sandes litten durch die Sommerhitze derart, daſs die Ähren in den obersten Blattscheiden sitzen blieben, ohne zur Körnerbildung zu gelangen.

In scheinbarem Widerspruch mit solchen Ergebnissen steht die Beobachtung der Praktiker, daſs in vollkommen ausgetrockneten, sogenannten staubtrockenen Böden die Pflanzen weiterwachsen können, obgleich der Untergrund ganz steril ist. Solche Fälle finden ihre Erklärung, sobald der sterile Untergrund nur wasserhaltig ist und die

---

1) PRIANISCHNIKOW, Über den Einfluſs der Bodenfeuchtigkeit auf die Entwicklung der Pflanzen. Journ. f. experim. Landw. 1900 Bd. I S. 19.

2) STAHL-SCHROEDER, Kann die Pflanzenanalyse uns Aufschluſs über den Gehalt an assimilierenden Nährstoffen geben? Journ. f. Landw. 1904. cit. BIEDERMANN's Centralbl. f. Agr. Chem. 1905 Heft 2.

Wurzeln in der Feuchtigkeit bleiben. Experimentell hat diesen Fall HABERLANDT[1]) studiert, der den unteren Teil der Wurzeln seiner Versuchspflanzen in destilliertes Wasser tauchen liefs, während die oberen Wurzeln in Bodenschichten verharrten, die, wie Kontrollversuche ergaben, so trocken waren, dafs die Pflanzen darin verwelkten. Die mit ihren äufsersten Wurzeln in destilliertes Wasser tauchenden Pflanzen zeigten eine nicht unbeträchtliche Zunahme an Trockensubstanz, woraus hervorgeht, dafs die im Trockenen befindlichen Wurzeln die Mineralsubstanzen aufgenommen haben müssen. Aus dieser Arbeitsteilung der Wurzeln erklärt sich das Wachstum unserer Kulturpflanzen mit tief in einen sterilen, aber feuchten Untergrund hineinreichenden Wurzeln trotz trockener Ackerkrume.

Diese vorzugsweise bei Getreide dargestellten Änderungen in der Produktion erfolgen nach HELLRIEGEL bei anderen Kulturpflanzen gleichsinnig.

Verfärbungen bei Gehölzen.

Das Typische bei Wassermangel und reicher Belichtung ist die kräftige Entwicklung der mechanischen Gewebe. Wir haben nur nötig, auf die Befunde in trockenen Klimaten hinzuweisen. Beispielsweise meldet JÖNSSON[2]) unter den Charakteren der Wüstenpflanzen, dafs die Wände der Epidermiszellen vielfach verschleimt sind. Bei *Haloxylon*, *Eurotia*, *Calligonum*, *Halimodendron* wechselt Schleimkork schichtenweise mit gewöhnlichem Kork ab. Der Schleimkork ist sehr quellungsfähig und wird nach Sprengung des Schutzkorkes blofsgelegt, so dafs er Wasser anziehen und festhalten kann. Auch in den Assimilationsgeweben finden sich schleimführende Zellen. Bei *Halimodendron* wird die sekundäre Rinde sehr mächtig und spongiös, wodurch sie die Temperaturextreme abschwächt und leicht Wasser speichern kann. In den peripherischen Teilen bilden reichliche Salzausscheidungen einen Schutz. Diese Merkmale ändern sich in Gegenden, die reich an Wassergehalt im Boden und in der Luft sind. So wurde beispielsweise bei *Halimodendron* in Kopenhagen kein Schleimkork gefunden.

Aus Neu-Amsterdam berichtet SWANLUND[3]) über die äufserst dicke Aufsenwand der Epidermen, die häufige Einsenkung der Spaltöffnungen, die Einrollung der Blätter und dadurch bedingte Einschränkung der Transpiration. Wir haben diesen Gegenstand schon früher in dem Abschnitt über horizontale Differenzen und bei den Fehlern der Sandböden berührt und dabei auch des Merkmals der Rotfärbung gedacht. Man kann auch durch künstliche Eingriffe lokalen Wassermangel und Anthocyanbildung damit hervorrufen, indem man Pflanzen, welchen eine rote Herbstfärbung eigen ist, an ihren Blättern einknickt oder ihre Zweige ringelt. Es tritt dann an den oberen Teilen über der Wundstelle mitten im Sommer Rotfärbung ein.

Betreffs der durch Hitze und Trockenheit hervorgerufenen Verfärbungserscheinungen gebe ich einige Beobachtungen aus dem Jahre 1892, das im August bei dem Auftreten heifser Winde ungewöhnlich hohe Temperaturen aufwies. Ich fand am 19. August auf besonders

---

[1]) cit. BIEDERMANN's Centralbl. f. Agr. Chem. 1878 S. 314.

[2]) JÖNSSON, B., Zur Kenntnis des anatomischen Baues der Wüstenpflanzen. Lunds Univ.-Arsskrift XXXVIII. Bot. Jahresb. 1902 II S. 292.

[3]) SWANLUND, J., Die Vegetation Neu-Amsterdam's und St. Pauli's in ihren Beziehungen zum Klima. Dissert. Basel 1901.

schwerem Lehmboden eine Temperatur von 52,7 ° C. Sämtliche Gehölze welkten und die Mehrzahl entlaubte sich allmählich. Natürlich waren auch hierbei grofse individuelle Unterschiede bemerkbar.

Verfärbung und Blattfall gingen fast immer von den untersten Blättern der Zweige aus.

Bei der Erle fielen die Blätter unter Erhaltung der grünen Farbe.

Acer Pseudoplatanus var. *Schwedleri* mit roter Blattunterseite. Blätter wurden von den Spitzen der Zipfel her rötlichbraun bis lederfarbig in den Intercostalfeldern. Aufserdem auf der Blattfläche zerstreut unregelmäfsige tiefer gebräunte, vollkommen dürre Brandflecke. Beschädigte Blätter sitzenbleibend.

Acer Negundo. Obere Blätter etwas schlaff. Ränder der Teilblättchen nach oben gehoben. Die nächst unteren Blätter bleich gelbgrün, die untersten hellgelb, gleichmäfsig an den dürren Rändern nach oben gerollt.

Acer platanoides. Blätter zeigen unter schwacher Vergilbung unregelmäfsige, kleine verfliefsende, zwischen den Rippen verlaufende Brandflecke; die vertrockneten Spitzen biegen sich hakenförmig nach oben.

Fagus silvatica. Einzelne, aber nicht immer die untersten, sondern die exponiertesten Blätter erhielten unregelmäfsige, in den Intercostalfeldern auftretende, mit gelbem, verwaschenem Rande versehene, dürre Stellen. Bisweilen ist die ganze Oberfläche gleichmäfsig leicht gebräunt. Niemals Randzeichnungen.

Vitis vinifera. Bei Beginn der Trockenheit zeigen sich einzelne, ganz unregelmäfsig zwischen grünbleibenden stehende Blätter gelb. Die citronengelbe, bei anderen Varietäten rote Verfärbung beginnt an einer Stelle des Randes und schreitet in den Intercostalfeldern fort, bis nur noch die Rippen grün erscheinen. Trotz der Trockenheit fand ich damals an einzelnen unteren Blättern die den Rippen folgenden trockenen, eckigen Flecke der *Plasmopara viticola.*

Prunus Persica. Sämtliche Blätter etwas erschlafft; manche (aber nicht immer die untersten) von der Spitze aus vergilbend. An einzelnen Bäumen schreitet die Verfärbung an den Rippen schneller fort, so dafs zuerst die Nervatur und dann die übrige Blattfläche gelbrot bis weinrot sich färben; darauf fällt das Blatt ab. (Eigenschaft der Sorte.)

Prunus domestica. Sämtliche Blätter schlaff, Mehrzahl aber noch gleichmäfsig grün mit Ausnahme der untersten, die an vielen Zweigen weifsgelb geworden sind und schmale, braune, zurückgeschlagene, dürre Randflecke besitzen. Leicht bei Wind sich ablösend.

Prunus avium. Untere Blätter, namentlich der Kurztriebe, gleichmäfsig citronengelb und abfallend.

Prunus Cerasus. Nur wenige Blätter vergilbt, sonst die gesamte Belaubung noch frisch: ein Beweis, dafs die Kirschen Trockenheit lieben.

Pirus communis. Je nach Exposition mehr oder weniger Brandflecke, aber keine Vergilbung zeigend. Bisweilen dürre Randzonen, dagegen häufiger solche Blätter, deren ganze Blattfläche tief umbrabraun ist (Unterseite heller mit noch frisch grüner oder leicht gebräunter Mittelrippe), Ränder stark nach oben gerollt. Wegen der grün bleibenden Blattstiele fallen die beschädigten Blätter nicht oder spät ab.

Aus diesen und zahlreichen anderen Beobachtungen ergibt sich,

dafs durchschnittlich die von der Nervatur entferntesten Teile der Blätter zuerst und am meisten sich verfärben und vertrocknen; dabei Hebung der Ränder nach oben. Bei schnell eintretenden Hitzeperioden mit starker Sonnenwirkung traten die Brandflecke in den Vordergrund, bei geringerer Intensität des Sonnenscheins herrscht die allgemeine fleckenförmige Verfärbung vor.

Hierher gehört auch die besonders kräftige Entwicklung von Anthocyan auf dürren, mageren Lokalitäten, die selbst in den arktischen Regionen, wo die Rotfärbung bei der starken Belichtung eine vorherrschende Erscheinung ist, auffällig wird. WULFF[1]) führt ein sehr bezeichnendes Beispiel an. Er sah an Orten, die durch Vogelexkremente gedüngt waren, bei Pflanzen, die in ariden Gegenden in ihren vegetativen Organen stark gerötet erschienen, stets die Anthocyanbildung verschwinden.

Schliefslich sei auch noch an die Verminderung der Beweglichkeit der Kleeblättchen und verwandter Organe bei anhaltendem Wassermangel gedacht. Bei *Mimosa pudica* geht die periodische Reizbarkeit verloren, und die Blättchen bleiben offen stehen: „Trockenstarre".

Röte des Getreides.

Die Rotfärbung des Getreides bei anhaltend trockener heifser Sommerzeit hat vielfach die Vermutung hervorgerufen, dafs parasitäre Einflüsse dabei im Spiele wären. KLEBAHN[2]) hat einen speziellen Fall, der durch seine weite Verbreitung und Intensität allgemein auffiel, genauer geprüft und gefunden, dafs der rote Farbstoff allmählich an Stelle des Chlorophylls auftritt. Während der alkoholische Auszug normaler Blätter grün erscheint, wird derselbe bei roten Blättern, bei denen das Chlorophyll zerstört wurde, nur schwach gelblich gefärbt. Der rote Farbstoff ist in Wasser und Glycerin löslich, in Alkohol und Terpentin unlöslich, färbt sich mit Kali und Ammoniak blau und mit Säuren wieder rot. Er ist an den Zellsaft gebunden, und zwar teils in der Epidermis, teils im Assimilationsgewebe. Bei Hafer erwies sich die Entwicklung der geröteten Pflanzen und ihre Körnerproduktion geringer als bei den grünen Halmen. Wir haben die Rötung bei Getreide ebenfalls studiert[3]) und kommen in Übereinstimmung mit KLEBAHN

---

[1]) WULFF, THORILD, Botanische Beobachtungen aus Spitzbergen. Lund. 1902. Betreffs der jetzt herrschenden Anschauung, dafs das Anthocyan eine Schutzvorrichtung für das Chlorophyll gegen Lichtüberschufs bilden soll, macht WULFF (S. 67) auf die Untersuchungen von ENGELMANN aufmerksam, woraus hervorgeht, dafs die Lichtabsorption des roten Anthocyans zu der des Chlorophylls komplementär ist und demgemäfs die Kohlensäurezerlegung nicht beeinträchtigt. „Diese Tatsache hat ja nunmehr die Unhaltbarkeit der PRINGSHEIM-KNY-KERNER'schen Lichtschirmtheorie zu voller Evidenz dargetan." WULFF sieht den Vorteil des Anthocyans in seiner gröfseren Wärmespeicherung. Wie ich bereits früher erwähnt, vermag ich vorbedachte Nützlichkeitseinrichtungen oder Äufserungen einer „Finalität" im Organismus nicht anzunehmen. Ich erblicke überall notwendige Folgeerscheinungen bestimmter Kombinationen der Wachstumsfaktoren. Die Anthocyanbildung erscheint mir als Folge von Lichtüberschufs auf einen an freien Säuren reichen Zellinhalt, dem nicht genügend stickstoffhaltige Assimilate zur Verfügung stehen. Dieser Zustand kann, wie bei den Pflanzen der kalten Regionen durch Wärmemangel, in anderen Fällen durch Wassermangel, verringerte Nährstoffzufuhr usw. herbeigeführt werden.

[2]) KLEBAHN, H, Einige Wirkungen der Dürre des Frühjahrs 1893. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1894 S. 262.

[3]) SORAUER, P., Beitrag zur anatomischen Analyse rauchbeschädigter Pflanzen. Landw. Jahrb. 1904 S. 596, Taf. XV—XVIII.

zu dem Schlusse, dafs in der Röte nur Erscheinungen der Notreife bei Wassermangel unter grofser Lichtintensität zu erblicken sind. In unserer Abhandlung finden sich auch anatomische Einzelheiten über das Verscheinen und das Auftreten sogenannter „Trockenflecke". Bemerkenswert ist eine bis zum Braungelb sich steigernde Gelbfärbung der Wandungen der Baststränge und das Erstarren des Zellinhalts in einzelnen Gruppen des Assimilationsgewebes.

Von den durch normale Senilität absterbenden Blättern unterscheidet sich das durch plötzliche Hitze und Trockenperioden zugrunde gehende Organ dadurch, dafs es nicht oder doch nur stellenweise so stark zusammenschrumpfen kann wie das normal ausgereifte, also an festen Inhaltsstoffen nahezu erschöpfte Blatt. Bei letzterem befinden sich zwischen der Epidermis der Ober- und Unterseite nur die gänzlich verarmten und daher zu einer welligfaltigen Schicht zusammenfallenden Zellen des Blattfleisches, während bei ersteren eben der restierende reichlichere Inhalt durch sein Austrocknen die Wandungen steift und dadurch das Zusammensinken mehr oder weniger verhindert.

Ich fand dieselben Verfärbungserscheinungen auch bei wilden Gräsern (*Arrhenatherum*) und warnte vor Täuschungen bei der anatomischen Untersuchung. Es traten nämlich eckige oder kugelige Inhaltsmassen auf, die ähnlich wie Stärke mit Jod reagierten und somit den Schein von noch vorhandener gröfserer Assimilationstätigkeit erwecken können. Die übrigen Reaktionen weisen indes nach, dafs es sich um „Restkörper" von der Chlorophyllzersetzung handelt, welche in die Carotingruppe gehören. Man könnte sie mit dem Leichenfett vergleichen.

Die „Röte" des Hopfens.

Die von den praktischen Züchtern auch als „Sommerbrand", „Fuchs" oder „Rote Lohe" bezeichnete Krankheit besteht in einem von der Basis her fortschreitenden Fleckigwerden der Blätter. Die Flecke erfassen sowohl die Randpartien als auch die zwischen den einzelnen Nerven liegenden Gewebegruppen. Durch teilweise Zerstörung des Chlorophylls erscheinen die erkrankten Stellen anfangs gelblich, später rötlich und endlich trocken und gebräunt. Das Blatt fängt mittlerweile an, immer länger im Zustande des Welkens zu verbleiben; schliefslich schrumpft es und fällt auch wohl ab, während die oberen jüngeren Teile der Rebe noch freudig grünen und sich weiter entwickeln. Nur die Gröfsenverhältnisse der während dieser Zeit entstandenen Neubildungen sind geringere gegenüber denjenigen an anderen Pflanzen, welche den Verlust der unteren Blätter nicht zu beklagen haben. Bleibt die Krankheit auf die unteren Partien beschränkt, so ist der Schaden nicht bedeutend; erfafst sie dagegen auch die oberen Teile mit den Blütenkätzchen, so wird das Ernteprodukt ein sehr leichtes, und es empfiehlt sich dann, alsbald zu ernten.

Die Krankheit ist leicht mit dem durch die Webermilbe verursachten „Kupferbrande" zu verwechseln, unterscheidet sich aber habituell dadurch, dafs Kupferbrand die Blätter an den oberen Teilen der Reben rötlichgelb färbt und durch feine Gespinstfäden auf der Blattunterseite erkannt wird, während der Sommerbrand von der Basis der Rebe her ein Vergilben und Vertrocknen der Blätter veranlafst.

Es ist ein Aussaugen der älteren Organe durch die jüngeren, die zu ihrer Fortentwicklung das vorhandene organische Material beanspruchen.

Das sogenannte „Stangenrot" scheint dem „Verscheinen" des Getreides zu entsprechen und die Folge plötzlichen Eintritts einer Trockenperiode zur Zeit der Kätzchenausbildung zu sein.

Bei dieser und den verwandten Rötungskrankheiten spielt übrigens der Wassermangel in der Luft eine ausschlaggebende Rolle; weil eine Bodenbewässerung allein selten Abhilfe schafft. Besser ist, wenn ein fortgesetztes abendliches Bespritzen stattfinden kann. Aber bei grofsen Flächen ist schwerlich im praktischen Betriebe das nötige Arbeiterpersonal und die grofse Wassermasse zur Verfügung. Am günstigsten sind die Vorbeugungsmafsregeln, indem man entweder durch mäfsige Schattenanlagen für die Hopfenplantagen die exzessive Verdunstung herabdrückt oder durch Zufuhr von Düngesalzen (nicht tierischem Dung) die Wasserkapazität des Bodens erhöht. Ein Beispiel für letzteren Fall führt Fr. Wagner[1]) an. Er fand bei seinen Kulturen, dafs die Hopfenpflanzen ohne Salpetergaben der Trockenheit sowie pflanzlichen und tierischen Parasiten weniger gut widerstanden und die unteren Blätter früher vergilbt zeigten als bei den mit Chilisalpeter gedüngten. Ebenso ist mehrfach im praktischen Betriebe beobachtet worden, dafs Futter- und Zuckerrüben die Trockenheit besser überwunden hatten, wenn der Boden mit Kalisalzen oder Chilisalpeter oder auch mit reichlichem Stallmist gedüngt worden war (s. z. B. Jahresb. d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz für das Jahr 1904." Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1905, S. 91).

Ähnliche Verfärbungen infolge von Wassermangel sind bei Lein beobachtet worden; sie werden teils als „Röte" (*le rouge*), teils und zwar bei vorzeitigem Vergilben der Stengelspitzen als „Gelbsucht" (*le jaune*) beschrieben.

Der „Laubrausch" der Reben. „Rote Brenner." „Seng."

Die obigen Namen sind Kollektivbezeichnungen für eine Gruppe schwer auseinander zu haltender Erscheinungen, die das Gemeinsame einer Rotfärbung der Blätter haben. In der Regel folgt der Verfärbung stellenweises oder gänzliches Vertrocknen des Laubes, das dann vorzeitig abzufallen beginnt. Neuerdings hat Müller-Thurgau[2]) für eine bestimmte Rötungsform eine parasitäre Ursache festgestellt[3]) und sich bemüht, die dem blofsen Auge wahrnehmbaren Merkmale, die diesen Erkrankungsfall von anderen unterscheiden, hervorzuheben. Unter Hinweis auf die im zweiten Bande unseres Handbuchs besprochene, durch *Pseudopeziza tracheiphila* verursachte Form des „Roten Brenners" (s. Bd. II S. 278), bei der die Verfärbung häufig in Form von Flecken in den Nervenwinkeln beginnt, ist hier hervorzuheben, dafs der infolge von Wassermangel bei starkem Sonnenschein sich kenntlich machende Laubrausch in der Regel mit einer vom Rande ausgehenden Verfärbung der Intercostalfelder anfängt. Je nach Sorte und Standort wechseln

---

[1]) Wagner, Fr., Salpeterdüngungsversuche des Deutschen Hopfenbau-Vereins Wochenbl. d. Landw. Ver. in Bayern 1904 S. 182.

[2]) Müller-Thurgau, H., Der rote Brenner des Weinstocks. Centralbl. f. Bakt. II, 1903, Heft 1—4.

[3]) Eine andere, mit Botrytis-Vegetation verbundene Form vom Roten Brenner beschreibt Behrens (Untersuchungen über den Rotbrenner der Reben) in Ber. d. Grofsh. Bad. Versuchsanstalt zu Augustenburg 1902 S. 43.

die Bilder ungemein, und man findet statt der Rötung nur bisweilen eine leuchtende Gelbfärbung. Manchmal trocknen die Blattränder ab. Die Art der Verfärbung läuft parallel mit dem Vorgange der Sommerdürre bei anderen Gehölzen, wobei man meist beobachten kann, wie die mangelnde Wasserzufuhr sich zuerst an den von dem Blattstiel und der Mittelrippe am weitesten entfernt liegenden Teilen bemerkbar macht und nachher fortschreitet, bis schliefslich nur die nächste Umgebung der Nerven noch grün bleibt (s. habituelle Änderungen).

Betreffs der physiologischen Arbeit hat Müller-Thurgau schon früher nachgewiesen, dafs Stärkebildung und -lösung um so langsamer vor sich gehen, je geringer der Wassergehalt der Blätter ist[1]); begossene Reben bildeten mehr Zucker.

Eine ähnlich dem parasitären Brenner sich äufsernde Erscheinung ist von Sauvageau und Perraud[2]) als Pektinkrankheit (*maladie pectique*) als Folge anhaltender Trockenheit beschrieben worden. Hier lösten sich die Blattspreiten vom Blattstiel ab.

Vergilbung durch die Veredlungsunterlage.

Bei unseren Obstarten stellt sich ein Wassermangel manchmal dadurch ein, dafs eine schnellwüchsige Sorte auf eine Zwergunterlage veredelt wird, die nicht imstande ist, in Zeiten starker Verdunstung das nötige Wasser dem Edelstamm zuzuführen.

Auf gutem Boden werden manchmal Birnen, die auf Quitte veredelt sind, gelb, während die auf Wildling gesetzten Exemplare kräftig gedeihen. Bei solchen Zwergstämmen sah ich in trockenen Sommern, dafs später in die Rinde eingespitzte, gut gewachsene Edelreiser kräftige, aber gelbliche Triebe machten, während die ältere Krone grün war. Auch hierin sehe ich Erscheinungen des Wassermangels durch die Quittenunterlage, die (namentlich wenn sie hoch gepflanzt ist) nicht das nötige Wasser beschaffen kann. Birnen auf hochgepflanzten Quitten reifen daher ihr Laub schneller und werfen es früher.

Verfrühtes Vertrocknen des Laubes.

Wenn infolge der Sommerdürre das Laub abstirbt, wobei es meist wegen des Frischbleibens der Blattstiele am Zweige hängen bleibt, ist der Schaden, den der Baum erleidet, ein weit gröfserer, als man in der Regel annimmt.

Man glaubte, es bestehe vorzugsweise die Schädigung in dem vorzeitigen Aufhören der Blattarbeit und der damit verbundenen geringeren Holzbildung usw. Es hat sich aber durch die Untersuchungen von Kraus[3]) erwiesen, dafs neben diesem Mangel an Zuwachs auch ein positiver Substanzverlust eintritt, der viel gröfser ist als bei einer normalen herbstlichen Entlaubung. Die durch Dürre getöteten Blätter verhalten sich nämlich nicht so wie die im Herbst abfallenden Organe. Letztere haben die Mehrzahl der für den Pflanzenkörper noch verwendbaren Stoffe allmählich an den Stamm abgegeben und sich endlich durch eine rundzellige Trennungsschicht losgelöst; die verdorrten Blätter, bei denen sich keine Trennungsschicht bildet, behalten ihre

---

[1]) III. Jahresber. d. Versuchsstat. Wädensweil. Zürich 1894 S. 56.

[2]) Sauvageau, C., et Perraud, J., La maladie pectique de la vigne. Revue de viticulture 1894 p. 9.

[3]) Bot. Zeit. 1873, Nr. 26 und 27.

stickstoffhaltigen Bestandteile nebst der Phosphorsäure, und nur die Stärke samt dem Kali gelangt vor dem Tode des Blattes in den Stamm zurück. Durch das verfrühte Vertrocknen des Laubes gehen den Pflanzen nahezu doppelt so viel Stickstoff und Phosphorsäure verloren als durch den herbstlichen Laubfall. Dies beweist eine von Maerker ausgeführte Analyse von Blättern einer Syringa.

Es enthielten an Prozenten der Trockensubstanz

	Sommerdürre Blätter	Herbstliche Blätter
Stickstoff	1,947	1,370
Phosphorsäure	0,522	0,373
Kali	2,998	3,831
Kalk	1,878	2,416
Mineralstoffe überhaupt (kohlensäurefrei) . .	8,028	9,636

Obige Mengen in Prozenten der Gesamtasche ausgedrückt, würden sich folgendermafsen stellen:

	Sommerdürre Blätter	Herbstliche Blätter
Stickstoff	24,0 %	14,0 %
Phosphorsäure	6,5 %	3,8 %
Kali	37,3 %	39,7 %

Das Ausbrennen des Rasens.

Bei dem Vertrocknen der Grasnarbe infolge sommerlicher Hitzeperioden kommt für Wiesen natürlich der Verlust an Futtersubstanz schwerwiegend in Rechnung. Wo Berieselungsanlagen fehlen, hat man keine Möglichkeit, den Schaden zu verhüten. Bei Schmuckanlagen dagegen läfst sich der Schaden vermeiden, wenn man rechtzeitig durch Überstreuen von Heu oder anderem leichten Schattenmaterial die Lichtwirkung und damit die Verdunstung herabdrückt. Das Spritzen der Rasenflächen ist nur dort von Erfolg, wo dasselbe wiederholt am Tage ausgeführt werden kann. Anderntalls mufs man zur Beschattung greifen.

Milchglanz.

Zu den Erscheinungen, die experimentell bezüglich ihrer Entstehungsursachen noch nicht geprüft sind und daher nur vorläufig eingereiht werden können, gehört der Milchglanz der Blätter.

Die Krankheit äufsert sich in der Weise an Fruchtbäumen, dafs die sonst normal ausgebildeten Blätter ihr dunkelgrünes Ansehen verlieren und einen silberartig weifslichen Reflex zeigen. In der Regel leiden nur einzelne Äste und zwar etwa vom Juni oder Juli an. Im folgenden oder im zweiten, höchstens dritten Jahre nach Auftreten des Milchglanzes stirbt der Ast ab. Bei den Exemplaren, die ich nach Jahresfrist wieder besichtigen konnte, zeigte sich mehrfach nach Entfernung des abgestorbenen Astes die Erscheinung an anderen Ästen, so dafs ich vorläufig mir die Meinung gebildet habe, der Milchglanz sei ein absolut sicherer Vorläufer des Todes eines Zweiges.

Am ausgebreitetsten liefs sich der Milchglanz bei Aprikosen am Spalier auffinden; aufserdem begegnete ich der Erscheinung an Pflaumen und Äpfeln.

Die Veränderung beginnt bei den älteren Blättern des Frühjahrs-

triebes; die jüngsten bleiben öfters verschont; ebenso die aus Proventivaugen sich plötzlich am alten Holze entwickelnden Spättriebe.

Zunächst findet man nur eine gewisse Stumpfheit der Farbe, ein stellenweises Nachlassen des Glanzes und, wie mir scheint, eine vermehrte Luftmenge in den Intercellularräumen zwischen einzelnen Palisadenzellen oder auch zwischen diesen und den Epidermiszellen. Allmählich werden die stumpfen Stellen weifslich, und zwar durch drüsige Lockerung der Epidermiszellen zwischen den grünbleibenden, feinsten Nervenverzweigungen. Die Lockerung besteht in einem stellenweisen Lösen des Verbandes zwischen Epidermis und Palisadenparenchym.

Aderhold[1]), der die Krankheit auch an Kirschen beobachtete und sah, dafs die Zellen der Epidermis sich gegenseitig lockern, konnte nachweisen, dafs in der Löslichkeit der Intercellularsubstanz (Mittellamelle) sich bei den Milchglanz zeigenden Stellen Abweichungen vom gesunden Blatte zeigten. Daraufhin vermutet er, dafs die Intercellularsubstanz in den kranken Organen in löslicheren Pektinverbindungen besteht als bei dem gesunden Blatte, und da die Kalkverbindungen der Pektinsäure unlösliche Zustände darstellen, so liegt die Vermutung nahe, dafs Kalkmangel die Ursache der Krankheit sei.

Auch nach dieser Anschauung würde die Krankheit in die Gruppe der durch Wasser- und Nährstoffmangel veranlafsten Erscheinungen gehören; nur mufs dabei hervorgehoben werden, dafs der Wasser- und Nährstoffgehalt des Bodens hierbei nicht in Betracht kommt, sondern nur in der Pflanze selbst sich lokal geltend macht. Und dieser Umstand deutet auf Störungen im Zuleitungssystem. Dafür spricht auch die Tatsache, dafs die Zweige mit milchkranken Blättern vorzeitig absterben.

Die von mir beobachteten Aprikosen und Pflaumen zeigten Gummosis, und die Apfelbäume litten an Borkenkäferfrafs. Es wäre möglich, dafs man durch Verjüngen der kranken Bäume und Kalkzufuhr den gesamten Organismus stärken könnte.

Glasigwerden der Aepfel.

Ebenfalls auf lokale Leitungsstörungen dürfte die Erscheinung zurückzuführen sein, dafs einzelne Früchte eines Baumes teilweise oder gänzlich hart bleiben und glasig durchscheinend werden, minder gefärbt und im Geschmack fade sich ausbilden.

Bei der Untersuchung einer nur teilweise glasigen Apfelfrucht sah ich im Längsschnitt, dafs die Rindenpartie am intensivsten glasig war, und dafs im Innern der Frucht das weifse, normale Fleisch von der Basis bis ziemlich zur Kelchhöhle hinaufstieg. Die glasige Mantelzone war hier und da weifslich marmoriert von eingesprengten Gruppen normalen Fleisches. Die Samen waren meist verkümmert, unreif und noch weifs. Der gesunde Teil besafs reichlich Stärke und stark luftführende Intercellularen. Letztere waren im glasigen Teile luftärmer, und Stärke fehlte gänzlich mit Ausnahme einzelner eingesprengter Zellgruppen. Der glasige Teil wurde an der Luft schneller braun; neben reichlichem Traubenzucker war etwas Dextrin nachweisbar. An Trockensubstanz ergab:

[1]) Aderhold, R., Notizen über einige im vorigen Sommer beobachtete Pflanzenkrankheiten. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1895 S. 86.

	gesunde Hälfte	glasige Hälfte
mit Schale	21,48 %	19,43 %
ohne Schale	20,24 %	17,97 %

ADERHOLD[1]) fand

	gesundes Fruchtfleisch	glasiges Fruchtfleisch
Spezifisches Gewicht . . .	0,718	0,925
Trockensubstanz in Prozenten des Frischgewichtes . . .	14,44 %	12,60 %
Asche in Prozenten der Trockensubstanz	2,093 %	1,76 %
in 100 ccm Saft an Apfelsäure	0,92 g	0,53 g.

Die neuesten Bestimmungen rühren von BEHRENS[2]) her. Er fand in 100 ccm von

	Wasser	Invertzucker	Säure
Prefssaft des normalen Apfels . .	87,38 g	5,05 g	0,56
Prefssaft des teilweis glasigen Apfels	88,06 „	4,40 „	0,47

In Übereinstimmung mit meinen Angaben zeigen die vorstehenden Zahlen, dafs das glasige Apfelfleisch bedeutend ärmer an Säure, Trockensubstanz und Asche ist. Dadurch, dafs die Intercellularräume des glasigen Teiles mit Wasser gefüllt und die Zellen kleiner sind, erklärt sich das glasige Aussehen und die geringere Ausdehnung desselben.

Praktische Züchter wollen beobachtet haben, dafs die folgenden Sorten besonders zur Erzeugung glasiger Früchte neigen: Züricher Transparentapfel, Gloria mundi, weifser Astrachan und Virginischer Sommer-Rosenapfel. Im ersten Jahre ihrer Fruchtbarkeit wären durchschnittlich die Bäumchen eher zur Produktion solcher Früchte veranlagt als in späteren Jahren.

b. Produktionsänderung durch Stickstoffmangel.

Hungerzustände bei Kryptogamen.

Zum Hinweis des Parallelismus der Erscheinungen bei niederen und hochorganisierten Pflanzen mag zunächst ein Beispiel aus dem Gebiete der Fadenpilze aufgeführt werden. FLIOROW[3]) prüfte den Einflufs des Hungers auf die Atmung bei *Mucor* und *Psalliota campestris*. Bei *Mucor* sinkt die Atmung sofort stark herab, weil bei diesem Pilz kein Reservestoffspeicher im Mycel vorhanden ist. Der Fruchtkörper des Hutpilzes aber besitzt in seiner Körpermasse viel Reservematerial und erweist sich deshalb in hohem Grade unabhängig von der Verarmung des Nährsubstrates, so dafs seine Atmung beim Hungern nur sehr langsam fällt. Betreffs des Umsatzes der Eiweifsstoffe schliefst Verf. aus Versuchen mit *Amanita muscaria*, dafs der Gesamtstickstoff während des Hungerns prozentisch zunimmt, weil vorzugsweise die stickstoffreien Substanzen durch die Atmung verloren gehen. Es findet eine Neubildung von Eiweifs und Nuclein statt, die mit der

---

[1]) ADERHOLD a. a. O. S. 8.

[2]) BEHRENS, J., Bericht d. Grofsh Bad. Landes-Versuchsanstalt Augustenburg i. J. 1904 S. 53. Karlsruhe 1905.

[3]) FLIOROW, A., Der Einflufs der Ernährung auf die Atmung der Pilze. Bot. Centralbl. 1901 Bd. 87 S. 274.

Periode der Sporenbildung und -reifung zusammenfällt. Sodann folgt schneller Eiweifszerfall.

Bei dem Hungern der Pilze gehen zwar Kohlensäureproduktion und Sauerstoffaufnahme allmählich zurück, aber in ungleichem Verhältnis, wie PURJEWICZ[1]) bei *Aspergillus niger* beobachtete. Die Kohlensäureausscheidung sank schneller.

Sehr schöne experimentelle Beobachtungen lieferte PRANTL[2]) an Farnprothallien. Die Erfahrung zeigt nämlich, dafs bei Aussaaten von Farnsporen die mannigfachsten Variationen unter den Prothallien auftreten. Manche von ihnen besitzen ein fortbildungsfähiges Gewebe (Meristem), während andere desselben entbehren, also „ameristisch" sind. Frühere Untersuchungen[3]) zeigten dem Forscher, dafs die Ameristie sowohl bei zu geringem Luftzutritt als auch bei mangelhafter Wasser- und wohl auch Mineralstoffzufuhr eintreten kann. Die Beobachtung, dafs unter den günstigsten Beleuchtungsverhältnissen bei zu dichtem Stande der Prothallien ameristische Individuen erscheinen, führte zu dem Versuch, den Einflufs der Stickstoffzufuhr direkt zu prüfen. Es wurden Sporen der schnell keimenden *Osmunda regalis* und der *Ceratopteris thalictroides* in verschiedene Nährstofflösungen ausgesäet. Dabei zeigte sich nun, dafs die in destilliertem Wasser gekeimten Sporen ameristische Prothallien hervorbrachten: sie bildeten Flächen von 15 bis 25 Zellen von ziemlich gleicher Gröfse und gleichem Inhalt; die Chlorophyllkörner waren arm an Stärke. Dagegen zeichneten sich die in einer sonst normalen, aber stickstofffreien Nährlösung erwachsenen Prothallien durch ungemein grofsen Stärkegehalt aus, glichen aber sonst den in destilliertem Wasser gezogenen Individuen. Nur die in Nährlösung mit Stickstoffbeigabe (0,64 ‰ salpeters. Ammon) erzogenen Exemplare waren meristisch. Wurden Exemplare von meristischen Prothallien in stickstofffreie Nährlösung übertragen, so war nach 14 Tagen das Meristem verschwunden, indem die Zellen sich sämtlich vergröfsert, ab und zu sich auch geteilt und mit Stärke gefüllt hatten. Wenn dagegen ameristische Prothallien in eine vollständige Nährlösung gebracht wurden, bildete sich alsbald am Vorderrande ein Meristem durch wiederholte Teilung der Zellen, während die Stärkevorräte sich verringerten.

Je nach den Ernährungsverhältnissen variiert nun auch die Verteilung der Sexualorgane. Ameristische Prothallien tragen nur Antheridien, niemals Archegonien, welche an die Gegenwart eines Meristems gebunden sind. Besonders wichtig ist nun die Beobachtung PRANTL's, dafs ameristische Prothallien von *Osmunda*, welche vereinzelte Antheridien getragen hatten, nach Stickstoffzufuhr reichlich Archegonien entwickelten, wobei aufser diesen auch noch Antheridien auftraten.

Aus diesen, durch Nährstoffe herbeigeführten Veränderungen erklärt sich ungezwungen die von verschiedenen Autoren bei manchen Farnen angegebene „Neigung zur Diöcie", die von MILLARDET für

[1]) PURJEWICZ, K., Physiolog. Untersuch. über die Atmung der Pflanzen. cit. Biederm. Centralbl. 1902 S. 180.

[2]) PRANTL, Beobachtungen über die Ernährung der Farnprothallien und die Verteilung der Sexualorgane. Bot. Zeit. 1881 S. 753.

[3]) Flora 1878 S. 499.



Lieferung 9. (Erster Band, Bog. 19—23.) Preis: 3 Mark.

Handbuch der Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage

in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau, Privatdozent an der Universität Berlin

und

Dr. L. Reh, Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben

von

Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



Mit zahlreichen Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1906.

Erscheint in 16—18 Lieferungen à 3 Mark.



Osmunda ausgesprochen, von BAUKE[1]) für die *Cyatheaceen* und für *Platycerium*[2]), von JONKMANN[3]) für die *Marattiaceen* angegeben worden ist.

Weitere hierher gehörige Notizen citiert H. HOFFMANN[4]) zunächst von HOFMEISTER, welcher annimmt, dafs bei *Equisetum* die Prothallien am Lichte und an trocknem Standort entschieden mehr Antheridien produzieren, also (da die Vorkeime fast ganz zweihäusig sind), mehr männliche Pflanzen bringen. BORODIN fand, dafs keimende Sporen von *Allosurus sagittatus*, in die Dunkelheit gebracht, Antheridien entwickelten.

Die Taubblütigkeit. Unfruchtbarkeit.

Die Taubblütigkeit bei den Phanerogamen beruht vorherrschend auf Stickstoffmangel. Derselbe kann sich in sehr verschiedener Form äufsern. Wie bei dem „Verscheinen des Getreides" bereits erwähnt, kann genügender Stickstoffvorrat im Boden sein, aber es fehlt infolge Eintritts einer anhaltenden, intensiven Trockenperiode das Transportmittel, das Wasser, um die normal angelegten Sexualorgane zur weiteren Ausbildung zu bringen. Andererseits kann bei Dichtsaat ein Kampf um den Stickstoff stattfinden, wobei die zuerst vegetativ am kräftigsten sich entwickelnden Pflanzen den minder kräftigen das Nährmaterial wegnehmen. Für die Unfruchtbarkeit kommen ferner die Fälle in Betracht, in denen das vorhandene Nährstoffmaterial nach anderer Richtung hin verbraucht wird, indem einseitige Steigerung oder Verminderung eines Vegetationsfaktors die vegetative Verwendung des erarbeiteten organischen Materials derart begünstigt, dafs zur Ausbildung der Sexualorgane zu wenig Stickstoff übrig bleibt. Endlich ist der Fall nicht selten, dafs das Material in der Anlage der stickstoffanspruchsloseren männlichen Organe reichlich Verwendung findet, aber für die Ausbildung des Fruchtknotens nicht mehr ausreicht. Nicht in Widerspruch damit stehen die Fälle, dafs bei den Phanerogamen Hungerzustände Veranlassung zur Blütenbildung sind. Bei unseren Obstbäumen kommen Beispiele vor, in denen kranke Exemplare mit bedeutend zurückgehender Triebbildung „sich tot blühen". In der gärtnerischen Praxis läfst man Pflanzen absichtlich hungern, um Blütenansatz zu erzielen (*Kantua dependens*, *Correa* usw.). Kakteenliebhaber reifsen bisweilen ihre Pflanzen im Winter aus den Töpfen und lassen sie schrumpfen, damit sie williger blühen. Hier ist nicht Stickstoffmangel vorhanden, sondern eine Wasserarmut, welche die Pflanzen veranlafst, die Assimilate zur Blütenbildung zu verwenden.

Bezüglich einer Taubblütigkeit durch mangelnde Wasserzufuhr berichtet OBERDIECK[5]), dafs infolge von Trockenheit grofsblumige Stiefmütterchen die Blüten taub abfallen lassen, während sie bei genügender Feuchtigkeit Samenkapseln entwickeln; ebenso verhalten sich die gefüllten Zinnien, der rote Lein und manchmal sogar *Phlox Drummondii*. Auch Gartenbohnen setzen in trockenen Jahren wenig an. Himbeeren und Erdbeeren geben kleine, armsamige Früchte. Bei der Monatserdbeere stellt sich bei fortgesetzter Trockenheit eine Ausartung ein, welche die Pflanzen den „Vierlander Erdbeeren" ähnlich macht,

[1]) Pringsheims Jahrbücher X. S. 97.
[2]) Bot. Zeit. 1878 S. 757.
[3]) Extrait des Actes du Congrès international. Amsterdam 1877.
[4]) HOFFMANN, H., Zur Geschlechtsbestimmung. Bot. Zeit. 1871, Nr. 6 und 7.
[5]) OBERDIECK, Deutschlands beste Obstsorten, S. 9, Anmerkung. Leipzig 1881.

indem sie keine fruchtbaren Blüten mehr entwickeln. Letztere Erdbeerensorte bezeichnet ZACHARIAS[1]) als eine solche, die meist entweder nur männlich oder nur weiblich, selten monöcisch auftritt. Er ist der Ansicht, da auf den Feldern wenig männliche sogenannte „wilde Pflanzen" vorhanden sind, die sich durch einen schwächeren Wuchs, schwächere Ausläufer und niedrigere Blütenstände mit gröfseren Blumen auszeichnen, so falle die Befruchtung unvollkommen aus. Es wird hervorgehoben, dafs stets wenig Pistille sich ausbilden, so dafs sie nur einen Teil des angeschwollenen Fruchtbodens bedecken. Wir legen auf letzteren Punkt das Hauptgewicht und raten zu Land- und Sortenwechsel. ZACHARIAS empfiehlt, mehr männliche Pflanzen zwischen den weiblichen zu erhalten.

Ähnliche Erscheinungen wie bei der Vierlander Erdbeere sind auch bei der schwarzen Johannisbeere beobachtet worden[2]). Die Unfruchtbarkeit soll weder durch Bodentrockenheit noch schattigen Standort bedingt sein, sondern wird von den Praktikern als Sorteneigenschaft angesprochen. Ebenso liegen Klagen über mangelnden Fruchtansatz bei den Schattenmorellen vor. Der „Praktische Ratgeber" empfiehlt, dafs man nur von erfahrungsgemäfs gut tragenden Bäumen Edelreiser zur Veredlung nehmen soll. — Es werden uns noch vielfach solche Hinweise auf die Erblichkeit unzweckmäfsiger Eigenschaften entgegentreten.

Zahlreiche Angaben finden wir betreffs des wachsenden Übergewichts der männlichen Blumen gegenüber den weiblichen. Eine der frühesten ist die von KNIGHT, dafs Melonen und Gurken bei hoher Temperatur ohne genügende Lichtzufuhr fast nur männliche Organe hervorbringen. MANZ[3]) kommt bei seinen Versuchen zu dem Resultate, dafs sowohl bei monöcischen als auch diöcischen Pflanzen die Entwicklung des männlichen Geschlechts durch Trockenheit, dagegen die des weiblichen durch Feuchtigkeit und gute Düngung begünstigt wird. Auch sollen männliche Pflanzen durch Abschneiden ganzer Äste in fruchtbare Zwitter verwandelt werden können. Letzterer Fall wäre dahin zu deuten, dafs das von den Wurzeln aufgenommene Stickstoffmaterial nun auf eine geringere Menge von Blüten sich verteilt und daher diese besser ernährt.

Ähnlich ist es mit unseren Obstbäumen, von denen die Mehrzahl ein Ruhejahr, d. h. eines mit geringer Fruchtproduktion aufweist, bevor wieder eine vollkommene Ernte eintritt. Nach einer reichen Fruchternte sind die Bäume meist so erschöpft, dafs sie ein folgendes Jahr brauchen, um genügenden Nährstoffreichtum für die nächste Ernte zu speichern. HOFFMANN[4]) erwähnt ferner, dafs manche Gehölze (Rofskastanie und Kiefer) einen normalen Geschlechtswechsel erkennen lassen, indem sie in einem Jahr männlich, im folgenden zwitterig blühen. Die Fruchtblattvermehrung bei dem monströsen Mohn (*Papaver somniferum* forma *polycarpica monstrosa*) tritt nur bei den kräftigsten Pflanzen ein. Auf seinen Reisen fand KARSTEN[5]), dafs die in Sümpfen und feuchten Wäldern wachsenden Palmen in der Regel Zwitterblumen tragen, aber durch Nährstoffmangel polygam werden. Die an trockenen

---

[1]) ZACHARIAS, E., Über den mangelhaften Ertrag der Vierlander Erdbeeren. Verh. d. Naturw. Vereins Hamburg 1903. 3. Folge. XI, S. 26.

[2]) Prakt. Ratgeber im Obst- und Gartenbau. Frankfurt a. O. 1904 Nr. 10.

[3]) Vierte Beilage zur Flora 1822, Bd. V (nach HOFFMANN a. a. O.) S. 88.

[4]) Bot. Zeit, 1882 S. 508.

[5]) Linnaea, 1857 S. 259.

Abhängen oder in wasserarmen Ebenen wachsenden Gattungen sind „regelmäfsig (nicht gesetzmäfsig) getrennten Geschlechts“ und tragen männliche und weibliche Blumen in getrennten Ähren. Bei Beginn der trockenen Jahresperiode tritt die viel Nährstoffmaterial beanspruchende Fruchtreife ein, und es entfalten sich dann nur männliche Blumen, während nach der Ruhepause am Anfang der Regenzeit vorherrschend die Anlage weiblicher Blüten stattfindet.

Cugini[1]) fand bei Mangelpflanzen von Mais, die er durch Dichtsaat erzielte, dafs einzelne Exemplare nur noch männliche Blüten trugen. Bei dem Mais konnte de Vries[2]) auch die Erblichkeit der Unfruchtbarkeit nachweisen. Von Pflanzen, bei denen die weiblichen Blütenstände ganz fehlten oder äufserst schwächlich waren, nahm er von einem Exemplar letztgenannter Art Samen zur Aussaat. Er erhielt im ersten Jahre 12 % derartiger Schwächlinge. Die Aussaat des folgenden Jahres lieferte bereits 19 % steriler Pflanzen.

Dafs die Unfruchtbarkeit aufser auf Stickstoffmangel manchmal allein auf Wassermangel beruhen kann, beweist ein von Müller-Thurgau[3]) geschilderter Fall. Er fand die Narben bei den Obstbäumen zu trocken, so dafs die Pollenkörner nicht auskeimen konnten. Bei vergleichenden Versuchen mit Birnen zeigten die Bäume, welche während der Blütezeit reichlich begossen wurden, eine deutliche Ertragssteigerung. An den nicht bewässerten Bäumen lösten sich nicht nur zahlreiche Blüten kurz nach dem Abblühen ab, sondern es fielen auch die jungen Früchte, wenn sie etwa Kirschgröfse erlangt, in auffallend grofser Zahl. Von den trocken stehenden Bäumen erhielt sich meist nur eine Frucht an der Blütendolde, während bei den bewässerten Bäumen durchschnittlich deren drei sich weiter entwickelten.

Aber auch bei gutem Pollen und günstigen Keimungsbedingungen auf der Narbe kann sich Unfruchtbarkeit einstellen. Waite[4]) hielt bei seinen Versuchen über Pear-blight bei Birnbäumen den Insektenbesuch von den Blüten ab und fand nun den Fruchtansatz fehlend oder doch sehr mangelhaft. Weitere Beobachtungen brachten ihn zu der Überzeugung, dafs gewisse Birnen- und Apfelsorten überhaupt nicht durch den eigenen Pollen (auch nicht durch den von anderen Individuen derselben Varietät) befruchtet werden können, sondern dafs der Pollen einer anderen Varietät dazu notwendig sei. Daraus erkläre sich die beobachtete Erscheinung der Unfruchtbarkeit grofser Obstbaumpflanzungen, die aus einer einzigen Sorte bestehen.

Ewert[5]) erkennt zwar an, dafs eine Selbststerilität bei vielen Obstsorten festgestellt worden sei, aber ist doch der Meinung, dafs die sortenreinen, grofsen Anpflanzungen nicht hinter den aus gemischten Sorten bestehenden zurückbleiben, weil die Fremdbestäubung pünktlich von Bienen und Hummeln besorgt werde. Nur wenn der Insektenflug durch ungünstige Witterung dauernd behindert werde, bleibe der Fruchtansatz aus.

---

[1]) Cugini, Intorno ad un anomalia della Zea Mays. cit. Bot. Centralbl. 1880 S. 1130.

[2]) de Vries, H., Steriele Mais als erfelijk Ras. Bot. Jarbook II p. 109.

[3]) III. Jahresber. d. Versuchsstat. Wädensweil. Zürich 1894. S. 56.

[4]) cit. Galloway, B. T., Bemerkenswertes Auftreten einiger Pflanzenkrankheiten in Amerika. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1894 S. 172.

[5]) Ewert, Welche Erfahrungen sind gemacht in bezug auf geringere Fruchtbarkeit usw. Proskauer Obstbau-Zeitung 1902.

Nach unserer Anschauung mufs hier auch der Wechsel zwischen chasmogamen (unfruchtbar mit grofsen Blumenblättern) und kleistogamen (fruchtbar mit verkümmerten Petalen) Blumen erwähnt werden. Wir erblicken mit E. Loew[1]) in diesen Verhältnissen keine Mutationen im Sinne von de Vries, sondern einfache Variationen, welche von der Ernährungsform abhängen. Goebel fand die kleistogamen Blüten früher angelegt und konnte Veilchen, die vorher kleistogam geblüht hatten, durch Trockenhalten und reichliche Besonnung im Juli zur Bildung der in dieser Jahreszeit ganz ungewöhnlichen chasmogamen Blüten zwingen. Der Wechsel wird durch die Verschiebung in der Verwendung des vorhandenen plastischen Materials hervorgerufen. Bei Wassermangel und Lichtreichtum kann die Anlage der kleistogamen Blüte sich nicht ausbilden und es bleiben daher die plastischen Baustoffe den später entstehenden Blüten zur Verfügung. Da bei diesen das weibliche Sexualorgan mangelhaft ist und sich nicht ausbildet, wird das Material zur besonders kräftigen Entwicklung der lichtbedürftigen Blumenblätter frei.

Kernlose Früchte.

Im Zusammenhang mit der Taubblütigkeit steht oft das Auftreten kernloser Früchte, das ebenfalls zur Sorteneigenschaft werden kann.

Man hat neuerdings diesen Umstand bei einer amerikanischen Neuzüchtung, einem Apfel, der als „the wonder of horticulture" bezeichnet wird, als besondere Empfehlung der Sorte hervorgehoben[2]) und als wertvoll betont, dafs die Blüten Früchte bringen, ohne befruchtet zu werden. Damit seien auch die üblen Einflüsse ausgeschlossen, die bei anderen Sorten durch Frost, Nebel, Regen, Dürre, schlechten Insektenbesuch usw. während der Blütezeit drohen. Der neuen Sorte sollen auch die Blumenblätter fehlen, und daran knüpft man die Hoffnung, dafs Blütenstecher und andere Insekten, die durch die Petalen angelockt würden, derartige Blüten verschonen dürften.

Kernlose Obstsorten d. h. solche, bei denen man wenig gut ausgebildete Samen findet, sind schon von früher her bekannt, wie z. B. die Birne „Rihas Kernlose" und der „Vaterapfel ohne Kern". Bei Aussaaten von Mostobst soll es mehrfach vorkommen, dafs kernfreie Sorten auftreten, die sich jedoch durch geringe Gröfse und grofse Härte der Früchte unangenehm auszeichnen.

Das Entstehen der kernlosen Früchte wird in den neueren Arbeiten mehrfach berührt. Kirchner[3]), der auch die Beobachtungen von Waite[4]) heranzieht, erklärt, dafs typische und normal entwickelte Früchte nur durch Kreuzung mit dem Pollen einer anderen Sorte erlangt werden; die gröfsten Früchte eines Baumes entstehen immer durch Kreuzbefruchtung. Durch Selbstbestäubung hervorgebrachte Birnen entwickelten zum Teil fast gar keine Samen; die dem Bienenbesuch ausgesetzten oder künstlich mit fremdem Pollen bestäubten Blüten brachten dagegen Früchte mit reichlichen, gesunden Samen hervor. Daher empfehle es sich, Sorten im Gemisch anzubauen.

---

[1]) E. Loew, Bemerkungen zu W. Burck's Abhandlung über die Mutation als Ursache der Kleistogamie. Biol. Centralbl. Bd. XXVI, 1906, Nr. 5—7.

[2]) Janson, A., Der kernlose Apfel. Gartenflora 1905 S. 490.

[3]) Kirchner, O., Das Blühen und die Befruchtung der Obstbäume. Vortrag. Ref. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1900 S. 297.

[4]) Waite, Merton, B., The Pollination of the pear flowers. Washington 1894. U. S. Dep. Agric. Bull. 5.

Gegenüber dieser Ansicht bleibt Ewert[1]) auch in seiner neuesten Arbeit aus praktischen Gründen auf seinem Standpunkt stehen, den Massenanbau einer einzigen Sorte zu befürworten.

Betreffs der kernlosen Weinbeeren verweisen wir auf die Untersuchungen von Müller-Thurgau[2]). Ewert betont bezüglich des Kernobstes, dafs für den Fruchtansatz besonders die Menge des der einzelnen Blüte zur Verfügung stehenden organischen Baumaterials in Betracht komme. In einzelnen Fällen kann man künstlich durch Ringeln einen besseren Ernährungszustand für die einzelnen Blüten erzwingen, da sie in ihrer Ausbildung verschieden sind. Die Griffel sind entweder stark entwickelt und ragen bis zu 1 cm über die Antheren hinaus (*Protogynie*), oder beide Geschlechtsorgane sind gleichlang (*Homogamie*), oder die Griffel sind kürzer wie die Staubgefäfse (*Protandrie*). Der Schlufs, dafs je stärker die Protogynie entwickelt ist, die Blüte desto mehr den Pollen einer anderen Sorte verlange, also selbststeril ist und umgekehrt, je mehr Homogamie und Protandrie sich geltend machen, desto mehr Selbstfertilität möglich sei, wird durch Ewert's Versuche nicht ausnahmslos bestätigt. Ersichtlich ist, dafs die organische Nahrung zunächst denjenigen Fruchtanlagen zuströmt, bei denen Fremdbestäubung die Kernbildung ermöglicht. Im Wettbewerb mit kernhaltigen Früchten bleiben kernlose von demselben Baume am kleinsten und sind oft mifsgestaltet. Werden an einem Baume durch Abhalten fremden Pollens nur kernlose Früchte erzielt, so erlangen diese die gleiche Gröfse wie kernreiche Früchte. Wahrscheinlich können auch Früchte ohne Einwirkung von Pollen entstehen.

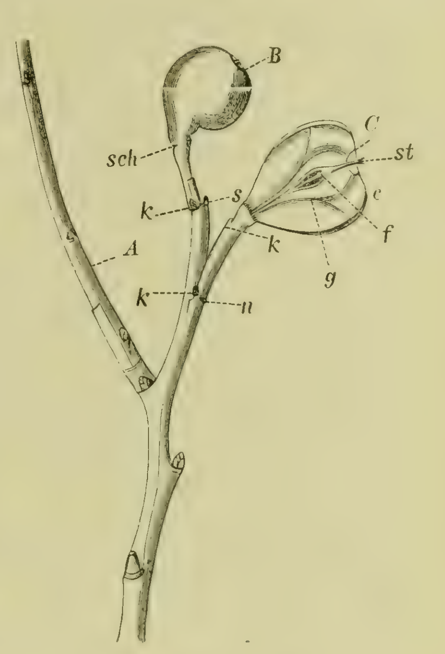


Fig. 36. Kernlose Birne.

In einzelnen Fällen kann man Früchte beobachten, bei denen sogar das Kernhaus nicht vorhanden oder doch kaum angelegt ist. In ersterer Hinsicht berichtet Burbidge[3]), dafs Birnen ohne Samen und Kernhaus ganz solide parenchymatische Früchte darstellten, die gröfser, wohlschmeckender und haltbarer gewesen sein sollen wie die samentragenden Birnen.

Ich selbst erhielt vor Jahren einige Birnenzweige, von denen ein Exemplar durch Fig. 36 in halber Gröfse wiedergegeben ist. Die Früchte waren vollkommen hart und gesund bis auf Beschädigungen.

---

[1]) Ewert, Blütenbiologie und Tragbarkeit unserer Obstbäume. Landwirtsch. Jahrbücher 1906 S. 259.

[2]) Müller-Thurgau, Folgen der Bestäubung bei Obst- und Rebenblüten. VIII. Ber. d. Züricher Bot. Ges. 1900—1903.

[3] Royal. horticult. Soc. of London. cit. Bot. Centralbl. 1881 Bd. VIII S. 319.

welche die Herbstfröste veranlafst hatten. In *A* sehen wir einen normalen Holzzweig, in *B* einen Zweig, dessen Terminalknospe zur kernlosen Frucht angeschwollen ist, in *C* zeigt sich eine mit Kernhausanlage versehene, aus einer Seitenknospe hervorgegangene Frucht, *n* ist die Narbe eines abgefallenen Blattes, *s* eine unentwickelt gebliebene Seitenknospe, *k* eine vollkommen ausgebildete Laubknospe am Fruchtstiel, *sch* ein schuppenförmiges Blatt an demselben; *g* sind die normal verlaufenden, um die mit Eirudimenten versehenen Kernhausfächer (*f*) sich herumziehenden Gefäfsbündelstränge. Bei *c* sind vertrocknete Reste der Kelchzipfel und bei *st* die Griffeläste sichtbar.

Vorstehender Fall weicht von dem von Burbidge beschriebenen und den meisten bisher abgebildeten Beispielen dadurch ab, dafs die Fruchtanschwellungen hier nicht Produktionen vorjähriger, sondern diesjähriger Knospen sind. Bei Birnen ist es gerade nicht selten, dafs einzelne Herbstblüten auftreten. Dieselben können wohl, wie manchmal angegeben ist, aus vorjährigen Knospen hervorgehen; indes habe ich bisher nur solche Blüten zu beobachten Gelegenheit gehabt, welche an den diesjährigen, im Sommer bereits ausgereiften Zweigen entstanden waren, was leicht aus dem Holzringe des fruchttragenden Zweiges ersehen werden konnte. Die proleptischen Blüten haben bei dem relativ geringen Nährvorrat und der kurzen Zeit, die ihnen der Herbst noch zur Entwicklung bietet, natürlich wenig Gelegenheit, den Rindenkörper noch zu wohlschmeckendem Fruchtfleisch auszubilden, und daraus erklärt sich einerseits die geringe Gröfse und andererseits die Geschmacklosigkeit der hier beschriebenen Birnen. Wären die Fruchtknospen nicht durch die aufserordentlich gesteigerte Wasserzufuhr der damaligen Herbstperiode geweckt worden, hätten sie im folgenden Jahre wahrscheinlich ganz normale Früchte geliefert.

Während hier die Frucht kernlos geblieben, weil bei der proleptischen Entwicklung die gespeicherten organischen Baustoffe nicht ausreichten, kommen andererseits auch Fälle vor, bei denen Material genug vorhanden, aber dieses durch Zerstörung der normalen Kernanlagen nun anderweitige Verwendung findet. So berichtet Müller-Thurgau[1]) von Birnen, deren Fruchtblattanlagen durch Spätfrost vernichtet worden waren; es entstanden dann Früchte, die an Stelle des Fruchtgehäuses einen Hohlraum zeigten, in den von der Seitenwand aus Gewebewucherungen hineinwuchsen.

Das Auftreten kernloser Früchte ist also zunächst hauptsächlich als eine Materialfrage zu behandeln. Die organischen Baustoffe reichen eben nicht aus, um die Kernanlagen genügend zu ernähren, gleichviel ob dies durch Fehlen des Befruchtungsreizes, durch schlechte Stellung der einzelnen Blüte, durch Erschöpfung des Baumes infolge einer vorangegangenen reichen Ernte oder durch proleptische Entwicklung einer Fruchtknospe zustande kommt. In Rücksicht darauf, dafs kernhaltige Früchte desselben Baumes sich vorteilhafter entwickeln, wird es wirtschaftlich doch geratener sein, so lange man nicht absolut sichere kernlose Sorten anbauen kann, die Möglichkeit der Kernbildung zu begünstigen.

Wenn nun Ewert auch nachgewiesen hat, dafs bei Obstpflanzungen im reinen Satz, obgleich die Zahl der kernlosen und kernarmen Früchte grofs ist, doch noch die Zahl der kernhaltigen Früchte überwiegt und

[1]) Müller-Thurgau, H., Eigentümliche Frostschäden an Obstbäumen und Reben. X.—XII. Jahresb. der Deutsch-schweizer. Versuchsstat. Wädensweil, 1902. S. 66.

deshalb den „reinen Satz“ empfiehlt, so möchten wir doch dem gemischten Satz vorläufig den Vorzug geben. Die praktischen Nachteile betreffs des Schutzes und der Ernte bei verschieden wachsenden und reifenden Sorten dürften sich dadurch vermindern lassen, dafs man streckenweise die gleiche Sorte anbaut. An Chausseen wird jedesmal diejenige Sorte besonders überwacht, welche der Reife am nächsten ist.

Das Verhalten schwächlicher Samen.

Die Ursachen, welche bei den kernlosen Früchten auf das Fehlschlagen oder die kümmerliche Ausbildung der Samen hingewirkt haben, werden auch bei anderen Kulturgewächsen mehr oder weniger zur Geltung kommen, so dafs wir das Verhalten schwächlich ausgebildeter Samen ins Auge fassen müssen. Die mangelhafte Ernährung mufs sich im spezifischen Gewicht zeigen, und in dieser Beziehung ergeben die Untersuchungen von CLARK[1]), dafs Samen von zu geringem spezifischen Gewicht überhaupt nicht keimen; die etwas schwereren keimen spärlich und erzeugen vielfach schwächliche Pflanzen. Die höchsten Keimprozente finden sich bei Samen mit höchstem spezifischen Gewicht.

Nach den Versuchen von HOSAEUS[2]) kann man wohl aus unreifen, also spezifisch leichten Samen mit vorsichtiger Darbietung recht günstiger Bedingungen normale Pflanzen ziehen; aber die Sterblichkeitsprozente sind gegenüber denen aus normalem Saatgut bedeutend gröfser. Das bezieht sich z. B. auf Verwendung von Getreide, das in der Milchreife hat geerntet werden müssen. Manchmal erfahren die unreifen Samen aufserhalb ihrer Fruchthülle eine genügende Nachreife und können unter Umständen dann schneller keimen wie unvollkommen ausgereifte. Dieser Umstand tritt nach KINZEL[3]) bei unseren schmarotzenden Seidearten ein und ist sehr beachtenswert bei deren Bekämpfung.

Bisweilen hilft man sich bei schlechter Samenbeschaffenheit durch vorsichtiges Vorquellen, um den Aufenthalt des Samenkorns im Boden bis zur Keimung möglichst abzukürzen. Die unreifen Samen faulen nämlich viel leichter, namentlich in schweren Böden. Aber dieses Vorquellen hat den Nachteil, dafs die Saat, wenn Trockenperioden eintreten, länger liegen bleibt, als wenn von vornherein sie sich selbst überlassen bleibt. Für Gurken hat dies ZAWODNY[4]) experimentell nachgewiesen. In dieser Beziehung sei auf die früher schon besprochene durch Trockenheit unterbrochene Keimung verwiesen.

Abwerfen der Früchte.

Aufser dem erwähnten Abwerfen der Birnen, das MÜLLER-THURGAU infolge von Trockenheit in der Blütezeit beobachtete, gibt es ein alljährlich sich einstellendes „Reinigen“ der fruchttragenden Bäume dadurch, dafs schlecht ernährte Blüten oder junge Früchte abgestofsen

[1]) CLARK, A., Seed Selection according to specific gravity. New York Exper. Stat. Bull. 256. 1904.

[2]) Deutsche Landwirtsch. Presse 1875 Nr. 4.

[3]) KINZEL, W., Über die Keimung halbreifer und reifer Samen der Gattung Cuscuta. Landwirtsch. Versuchsstat. 1900. Bd. 54. S. 125.

[4]) ZAWODNY, J., Keimung der Znaimer Gurke. cit. Bot. Jahresber. 1901. Teil II S. 236.

werden. Am meisten findet dies bei den an den Spitzen eines Blütenstandes zuletzt zur Entwicklung gelangenden Blumen und den am Ende eines Zweiges stehenden Blütenbüscheln statt. Es ist nicht plastisches Nährmaterial genug zur Ausbildung vorhanden. Die der zuleitenden Stammachse zunächst stehenden Früchte beanspruchen die Nährstoffe auf Kosten der mehr peripherisch gestellten Organe. Bei der Spalierzucht regelt man diese Ernährungsverhältnisse künstlich, indem man bald nach dem Fruchtansatz einen grofsen Teil der ungünstig gestellten Exemplare mit der Schere wegnimmt.

Bei der Treiberei ist auf das Wasserbedürfnis der Früchte besonders genau Rücksicht zu nehmen, namentlich bei Pfirsich und Aprikose. Wenn der Stein zu erhärten beginnt, ist das Wasserbedürfnis am gröfsten und das Abwerfen manchmal durch eine einzige Trockenperiode veranlafst. Vor und nach dem bezeichneten Entwicklungsstadium hat man aber sparsamer mit dem Begiefsen zu sein, da man sonst vorzeitige Triebe erzeugt, welche das zur Ausbildung der Früchte nötige Material an sich ziehen. Dann können noch in einer späteren Epoche die Früchte aus Nahrungsmangel fallen oder wenigstens verkümmern.

Dafs alte Früchte durch spät eintretende Trockenperioden abgeworfen werden, haben wir bereits in früheren Abschnitten erwähnt, und es ist nur noch daran zu erinnern, dafs durch Frostwirkung im Frühjahr beschädigtes Obst manchmal massenhaft am Erdboden zu finden ist. Alle Ursachen, die zur plötzlichen Funktionslosigkeit eines Organes führen, bewirken schliefslich ein Abstofsen desselben.

Das Vertrocknen der Blütenstände bei Zierpflanzen.

Diese Erscheinung ist namentlich bei den Topfkulturen der Liebhaber oft anzutreffen. Abgesehen von dem Einflufs der trocknen Luft, der später behandelt werden soll, und der bereits erwähnten Bodentrockenheit sind es zwei Umstände, die hier in Betracht kommen. Beide stellen ein Verhungern der Blumenanlagen dar. In einem Falle ist es tatsächlich Stickstoffmangel, der in den Töpfen sich einstellt, wenn die Pflanzen zu lange in denselben stehen; im andern Falle ist es Ernährungsmangel für die Blütenorgane dadurch, dafs andere Organe ihnen das Material wegnehmen.

Für den letzteren Fall dienen unsere Azaleen und Kamelien als häufigstes Beispiel. Liebhaber klagen ungemein häufig, dafs sie Pflanzen mit grofsem Knospenreichtum nicht zur Blumenentfaltung im Zimmer kommen sehen: bei Azaleen vertrocknen die Knospen, bei Kamelien werden dieselben abgestofsen. In beiden Fällen entwickeln sich vorzeitig unmittelbar unter den Blütenknospen frische, schnell und kräftig wachsende Triebe. In diesem vorzeitigen Hervorbrechen junger Zweige liegt die Veranlassung zum „Verkommen der Blüten“. Der Fehler in der Behandlung liegt darin, dafs die Pflanzen für den augenblicklichen Stand ihrer Entwicklung zu warm und feucht und lichtarm gehalten werden. Während die Blume zu ihrer Entfaltung zwar Wärme und Luftfeuchtigkeit braucht, ist ihr grofse Bodenfeuchtigkeit schädlich. Letztere weckt dagegen die neben den Blumen stehenden Laubknospen zu vorzeitigem Hervorbrechen, und diese ziehen nun den Nährstoffstrom an sich und drängen die funktionsschwache Blütenknospe ab.

Solche Zustände des Verhungerns einer Blütenanlage infolge zu starker Entfaltung der vegetativen Organe finden wir auch bei der

Treiberei der Blumenzwiebeln, namentlich der Tulpen. Bei den neueren Kultursorten finden wir mehrfach, dafs der Blütenschaft nicht blattlos, sondern mit ein bis zwei Blättern versehen ist, die auf deutlich ausgeprägten Knoten stehen. Bei derartigen Exemplaren ist die Blumenanlage so schwächlich, dafs sie bei der Wintertreiberei durch das Übergewicht, das die Blattentfaltung infolge des Wasser- und Wärmeüberschusses erlangt, gar nicht zur Entfaltung kommt, sondern vertrocknet.

Als Beispiel des Vertrocknens der Blütenanlagen infolge von Stickstoffmangel möge ein Versuch mit *Veltheimia glauca* angeführt werden. Eine starke Zwillingszwiebel war vor mehreren Jahren geteilt worden, und jede Tochterzwiebel hatte seit dieser Zeit regelmäfsig im Winter geblüht. Als später die eine Zwiebel nicht umgepflanzt wurde, während die andere neue, kräftige Erde bekam, entwickelte sich bei der ersteren der Blütenstand zwar früher und schlanker, aber die Blumen vertrockneten vor der vollen Ausbildung. Dieser Pflanze wurden nun Hornspäne als Stickstoffquelle gegeben, ohne den Erdboden im Topfe zu wechseln. Im folgenden Jahre erschien der Blütenstand kräftiger, die Blumen zahlreicher, und ein Teil kam zur Entfaltung, färbte sich aber noch nicht so kräftig, wie bei der alljährlich verpflanzten Zwiebel.

Die Steigerung der Produktion durch Stickstoffzufuhr bei den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen ist bekannt.

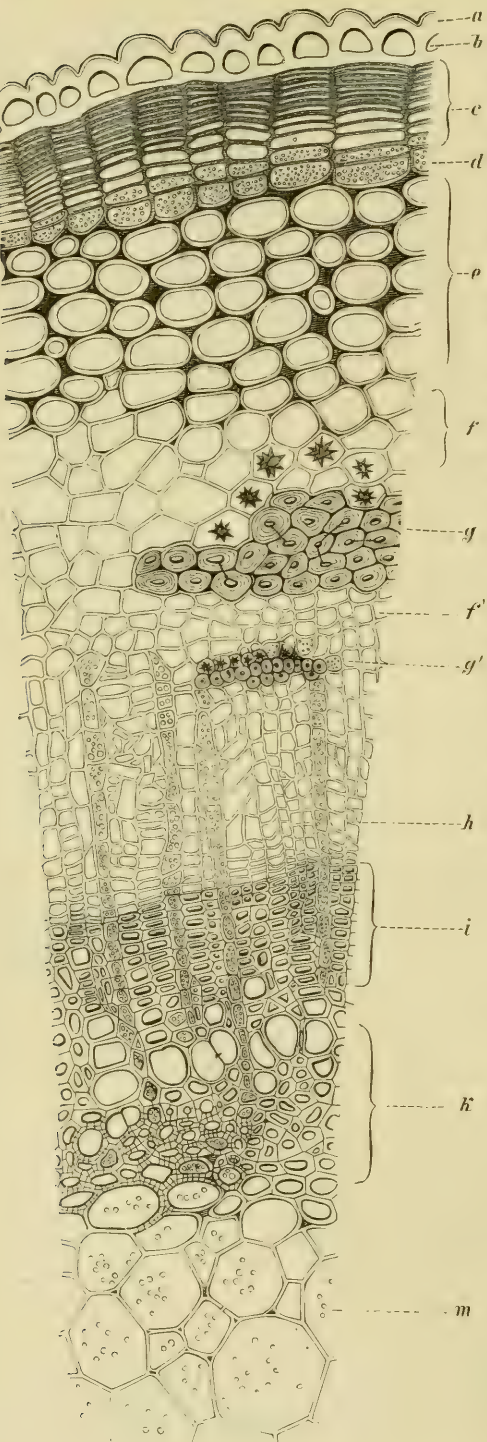
Die Dornenbildung.

Als Zeichen von Stickstoffmangel darf die Dornenbildung, d. h. der Ersatz einer Knospe am Ende eines Triebes durch eine verholzte, stechende Spitze aufgefafst werden. Welche Veränderungen dabei stattfinden, zeigt der Vergleich von Fig. 37 mit Fig. 38 (Querschnitte von *Rhamnus cathartica*). Man vergleiche in beiden Figuren die Gewebe, die durch denselben Buchstaben bezeichnet sind. Wir sehen, wie bei der Dornenbildung die derbwandigen Elemente die Oberhand gewinnen und wie selbst die Parenchymzellen der Rinde und des Markkörpers ihre Membranen ungewöhnlich verdicken. In der Jugend kann der zum Dorn werdende Zweig an seiner Basis bisweilen Seitenaugen bilden, wenn so viel Stickstoff noch zur Anlage von Meristemherden vorhanden ist. Aber auch diese Seitenachsen pflegen bald nach ihrer Anlage zu verdornen. So lange man Blattansätze an den Dornen erkennen kann, und auch noch eine Strecke über diese hinaus, findet man noch Gefäfse; in der Spitzenregion pflegen dieselben zu verschwinden.

Die Beseitigung der Dornen ist im Interesse des gärtnerischen Betriebes erwünscht, weil z. B. das Pflanzen von *Crataegus*, *Pirus communis*, *Prunus spinosa* usw. leicht zu Verletzungen Veranlassung gibt. Die Umwandlung der Dornen in normal beblätterte, mit einer Gipfelknospe abschliefsende Zweige erfolgt durch Zurückschneiden und Verpflanzen der Wildlinge in stickstoffreiche, lockere, gut zu bewässernde Böden.

c. Produktionsänderung durch Kalimangel.

Einleitend sei noch einmal darauf hingewiesen, dafs Kalimangel im Boden eine gröfsere Wasserarmut desselben bedingt. Neuere Versuche



von HOLLRUNG[1]) haben erwiesen, dafs eine Erde, welche mit Kalisalzen vermischt war, viel mehr Feuchtigkeit enthielt, als unter sonst gleichen Verhältnissen derselbe Boden ohne Kalizusatz.

Der Eintritt des Kalis in die Pflanze erfolgt in der Form von salpetersaurem, schwefel- und phosphorsaurem, salzsaurem und wohl auch von kieselsaurem Kali. In der Pflanze ist es mit organischen und anorganischen Säuren verbunden anzutreffen, und zwar vorzugsweise in den Geweben, in denen Kohlenhydrate wandern oder gebildet werden. HELLRIEGEL und WILFARTH wiesen direkt nach, dafs die Menge der als Reservestoffe niedergeschlagenen Kohlenhydrate (Stärke, Zucker) bei Kartoffeln, Getreide und Zuckerrüben direkt abhängig von der gegebenen Kalimenge ist. Somit erkennt man, dafs Kalimangel sich in Spärlichkeit der Reservestoffe ausdrücken mufs; aufserdem erklärt sich die beobachtete Tatsache, dafs die Triebbildung nachläfst; denn die zur Ausbildung des Parenchyms nötige Cellulose ist doch ebenfalls ein Kohlenhydrat.

Ohne Kalium ergrünt zwar die Pflanze, wächst aber über das Mafs des vom Samen gelieferten Materials nicht viel hinaus. Alles übrige Nährstoffmaterial kann also nicht verwertet werden (Gesetz des

[1]) HOLLRUNG. Vortrag im Anhaltinischen Zweigverein für Zuckerrübenkultur. Blätter f. Zuckerrübenbau 1905 S. 76.

Fig. 37. Querschnitt durch den einjährigen Zweig von *Rhamnus cathartica*.

a Cuticula, *b* Epidermis, *c* Korkschicht, *d* Phellogen (Korkkambium), *e* Collenchym, *f* und *f'* Rindenparenchym, *g* und *g'* Bastbündel, *h* sekundäre Rinde, *i* Holzkörper und an dessen Peripherie die cambiale Zone, *k* Markkrone, *m* Markscheibe. (Nach DÖBNER-NOBBE.)

Minimums). Nach den Studien von NOBBE rief ein Zusatz von Chlorkalium, einer sehr günstigen Verbindung, bei der seit Monaten ruhenden kalihungrigen Pflanze nach zwei bis drei Tagen schon eine Zuwachssteigerung hervor; darauf begann die Stärkebildung[1]. Eine Kalizufuhr kommt aber erst zur vollen Wirksamkeit, wenn sie nicht durch Kalk paralysiert wird. AD. MEYER[2]) hebt die besonders günstige Wirkung des Chlorkaliums hervor, sah aber solche bedeutend abgeschwächt, sobald gleichzeitig Bicalciumphosphat vorhanden war. Bei Zuckerrüben wirkten sowohl Chlorkalium als auch Kalk in alleiniger Anwendung sehr gut, aber nicht bei gleichzeitiger Zufuhr.

Bei Getreide sah HELLRIEGEL, dafs sich bei zu geringem Kalivorrat die grünen Teile auf Kosten der Körner ausbildeten. Dies ist nicht so bei Stickstoffmangel, bei welchem sich die Pflanzen vollständig entwickeln, aber klein bleiben. Bei Bäumen führt ein anhaltender Kalimangel zu immer schwächlicherer Entwicklung der Endtriebe und schliefslich zur „Spitzendürre“, und JANSON[3]) führt an, dafs er diese Krankheit durch direkte Zufuhr von 40 % Kalisalz geheilt habe. Natürlich kann Spitzendürre durch sehr verschiedene Ursachen zustande kommen, und namentlich auf Lehmboden wird man in erster Linie nach anderen Ursachen suchen müssen.

Fig. 38. Querschnitt durch den Dorn von *Rhamnus cathartica.*
Buchstabenerklärung wie bei Fig. 37; es fehlen hier nur das Phellogen (*d*) und die sekundäre Rinde (*h*), die in Dauerzellen umgewandelt erscheinen. (Nach DÖBNER-NOBBE.)

Wissenschaftlich beachtenswert ist die experimentell festgestellte Tatsache[4]), dafs bei Kalimangel, gegenüber einer vollen Ernährung, ein gröfserer Teil der aufgenommenen Nährstoffe (mit Ausnahme der Phosphorsäure) zur Zeit der Reife wieder in den Boden zurückwandert. Wenigstens wurde dies bei Sommerweizen, Gerste, Erbsen und Senf beobachtet. Kartoffeln machten eine Ausnahme.

---

[1]) NOBBE, SCHRÖDER und ERDMANN, Die organische Leistung des Kaliums in der Pflanze. Landwirtsch. Versuchsstat. XIII S. 321.
[2]) Jahresber. f. Agrik. Chemie 1880 S. 269.
[3]) JANSON, A., Kalidüngung gegen die Spitzendürre. Prakt. Ratg. f. Obst- und Gartenbau 1905 Nr. 38.
[4]) WILFAHRT, RÖMER und WIMMER, Über die Nährstoffaufnahme der Pflanzen in verschiedenen Zeiten ihres Wachstums. cit. Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1906 S. 263.

Interessant ist die Äufserung des Kalimangels bei Pilzen. Molliard und Coupin[1]) sahen bei *Sterigmatocystis nigra* eine Mifsbildung der Konidienköpfchen, die überhaupt nur noch ausnahmsweise entstanden und sich unvollkommen ausbildeten. Wie bei anderen Hungerzuständen keimen die Konidien sofort, aber ihr Inhalt wandert in eine Chlamydosporenform.

Die wichtigste Frage für die Kultur ist, ob sich äufsere sichere Merkmale auffinden lassen, welche den Kalimangel mit Bestimmtheit anzeigen?

Die wesentlichsten darauf gerichteten Versuche verdanken wir Wilfarth und Wimmer[2]), die mit Zuckerrüben, Kartoffeln, Buchweizen usw. vergleichende Kulturen angestellt haben. Sie prüften auch den Stickstoff- und Phosphorsäuremangel und fanden, dafs bei Stickstoffmangel die Blätter eine hellgrüne bis gelbliche Färbung annehmen und schliefslich mit heller, bräunlichgelber Farbe vertrocknen. Bei Phosphorsäuremangel färben sie sich entsprechend dem jeweilig vorhandenen Stickstoffüberschufs tief dunkelgrün, und es bilden sich in extremen Fällen zuerst an den Rändern, später über die ganze Blattfläche verbreitete schwarzbraune Stellen, welche anfangs bisweilen rötlich gefärbt sind. Schliefslich folgt Vertrocknen unter dunkelgrüner bis schwarzbrauner Färbung. Steht derartigen Mangelpflanzen aber Kali genügend zur Verfügung, so werden trotzdem reichliche Mengen von Stärke und Zucker gebildet, ja bei Stickstoffmangel scheint dieser Prozefs eher vermehrt als vermindert zu werden. Wenn aber Kali bei sonst normalem Nährstoffvorrat fehlt, dann tritt bei Körnerfrüchten die oben erwähnte vermehrte Strohbildung gegenüber der Körnerbildung zutage und bei Rüben- oder Knollengewächsen steigert sich die Krautmenge gegenüber den Reservestoffbehältern, die erheblich weniger Kohlenhydrate als bei Stickstoff- und Phosphorsäuremangel besitzen.

Da die Pflanzen zunächst den Kalivorrat zum Aufbau des vegetativen Gerüstes verwenden, so behalten sie in ihrem Habitus länger das Aussehen der normal ernährten Pflanzen, als bei Stickstoff- oder Phosphorsäuremangel; dann aber verkürzen sich die Internodien und krümmen sich die Blätter konvex nach oben. Es treten vorerst in der Nähe der Blattränder, später aber über die ganze Blattfläche verbreitet gelbliche, schnell braunwerdende oder manchmal auch noch in Weifs übergehende Flecke auf, während Blattstiele und Nervatur mit deren nächster Umgebung grün bleiben. Endlich vertrocknen, meist vom Rande her, die Blätter mit dunkelbrauner Farbe (s. nebenstehende Fig. 39). Blüte und Fruchtbildung sind gering. Bei Kalimangel gehen nicht selten einzelne Pflanzen vorzeitig[3]) zugrunde, während bei Stickstoff- und Phosphorsäuremangel auch die kleinste Pflanze bis zum Ende der Vegetationszeit erhalten bleibt.

Von besonderer Wichtigkeit ist noch die Beobachtung der genannten Autoren, dafs Kalimangelpflanzen sehr leicht in ihren Wurzel- bezw. Knollenkörpern zur Fäulnis neigen, und dafs überhaupt alle

---

[1]) Molliard et Coupin, Sur les formes teratologiques du *Sterigmatocystis nigra* privé de Potassium. Compt. rend. 1903. CXXXVI S. 1659.

[2]) Wilfarth, H. W. und Wimmer, G. (Ref.), Die Kennzeichen des Kalimangels an den Blättern der Pflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1903 S. 82.

[3]) Vergl. auch: v. Seelhorst, Die durch Kalimangel bei Vietsbohnen (Phaseolus vulgaris nanus) hervorgerufenen Erscheinungen. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 1906 S. 2.



Fig. 39. Kalimangel.

1 Tabakblatt infolge von Kalimangel gekrümmt mit braunen zum Teil eingerissenen Rändern; nur die Nervatur ist noch grün, während die Intercostalfelder gelb bis weiſs verfärbt erscheinen. *2* Blatt einer normal ernährten, *3* einer kalihungrigen Kartoffelpflanze; bei letzterem stehen die Blattfiederchen dichter beieinander und sind nach unten gekrümmt. Die hell gezeichneten Stellen sind gelblich, die Intercostalfelder sind braunfleckig, ebenso wie die Blattränder. *4* und *5* Blätter der Buchweizenpflanze mit gelblichen, dann gebräunten, schlieſslich weiſsen Flecken. (Nach Wilfarth und Wimmer.)

Pflanzen, die Mangel an einem Nährstoff haben, für den Befall durch tierische und pflanzliche Parasiten mehr disponiert sind.

Dieselbe Beobachtung machte bei Moorkulturen von Feilitzen[1]) an Timotheegras, das erst von einem Pilze befallen wurde, nachdem es durch Kalimangel geschwächt worden war. Bei Klee bemerkte er, dafs die ohne oder mit schwerlöslichem Kali bestellten Parzellen so „verbrannt“ aussahen, wie auf magerem Sandboden nach langen Trockenperioden.

Bei Düngungsversuchen an Kiefern fand Möller, dafs bei Kalimangel die Sämlingspflanzen eine geringere Wuchskraft und fahlere Nadelfärbung zeigten.

So schätzenswert die Bestrebungen sind, habituelle sichere Merkmale für Kalimangel aufzufinden, so glaube ich doch, dafs wir für lange Zeit hinaus noch mit Vorsicht diese Merkmale zur Diagnose benutzen müssen. Erstens wissen wir nicht, ob bei derselben Spezies stets, d. h. bei allen Variationen der Wachstumsfaktoren dieselben Merkmale sichtbar werden. Zweitens kennen wir noch viel zu wenig die Hungererscheinungen, die bei anderen Nährstoffen sich geltend machen werden. Drittens täuschen Einflüsse schädlicher Gase bisweilen so ähnliche Bilder vor, abgesehen von parasitären Eingriffen, dafs es schwer sein dürfte, aus den habituellen Veränderungen allein bestimmte Schlüsse zu ziehen. Man mufs nur bedenken, dafs fast alle das Blattleben betreffenden Schädigungen an den von den wasserleitenden Nervensträngen am entferntest liegenden Regionen zuerst sich äufsern. Daher der häufige Anfang der Erkrankung vom Blattrande her oder in der Mitte der zwischen den stärkeren Rippen vorgewölbten Intercostalfelder.

d. Kalkmangel.

Die Verwendung des Kalkes in der Pflanze als Festigungsmittel für die Membranen und als Bindungsmittel der entstehenden giftigen Oxalsäure ist bekannt. Für die Erkrankungserscheinungen von Belang ist der Umstand, dafs ein Überschufs von Oxalsäure geringe Kalkoxalatmengen wieder lösen kann[2]). Der entstandene oxalsaure Kalk löst sich nur in wenigen Fällen wieder auf[3]). Meist besitzt der Organismus nicht die Fähigkeit, den schon anderweitig in alten Geweben niedergelegten Kalk in genügender Menge noch einmal aufzulösen und dorthin zu transportieren, wo er bei der Kalknot augenblicklich für die Neubildungen von neuem wirksam sein könnte. Wenigstens lehren die Versuche von Böhm[4]), Raumer und Kellermann[5]), und von Benecke[6]), dafs aus den Reservestoffbehältern kein oder nur wenig Kalk nach den

---

[1]) v. Feilitzen-Jönköping, Wie zeigt sich der Kalimangel bei Klee und Timotheegras? Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur. 1904. Nr. 4. S. 41.

[2]) Würtz, Dictionaire de chimie II S. 647, cit. von de Vries in Landwirtsch. Jahrb. 1881 S. 81.

[3]) Sorauer, P., Beiträge zur Keimungsgeschichte der Kartoffelknolle. Berlin. Wiegandt & Hempel. 1868. S. 27, und de Vries, H., Über die Bedeutung der Kalkablagerungen in den Pflanzen. Landwirtsch. Jahrb. v. Thiel. 1881 S. 80.

[4]) Böhm, Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., Bd. 71, 1875, S. 287ff.

[5]) v. Raumer und Kellermann, Über die Funktion des Kalks im Leben der Pflanze. Landwirtsch. Versuchsstationen XXV, 1880, Heft 1 u. 2.

[6]) Benecke, W., Über Oxalsäurebildung in grünen Pflanzen. Bot. Zeit. 1903 Heft 5.

jugendlichen Geweben auswandert, wenn Pflanzen in destilliertem Wasser oder kalkfreien Lösungen oder in Quarzsand gezogen werden. Zur Bildung der Stärke selbst ist, wie Böhm an stärkefreien Primordialblättern mit schon schrumpfenden Stielen gezeigt hat, kein Kalk nötig, da diese sich ohne Kalkzufuhr wieder mit Stärke unter sonst günstigen Verhältnissen füllten. Aber bei der Lösung und dem Transport des Reservestoffes mufs eine Kalkverbindung schon notwendig werden, da die Untersuchung der in kalklosen Medien gezogenen Pflanzen ergab, dafs die Organe (Blätter, Cotyledonen) sich nicht gänzlich entstärkten, sondern gröfsere Mengen im Blattkörper selbst oder in den nächstliegenden Internodien zurückhielten und der junge Pflanzenteil ungeachtet seines Zuckergehaltes verhungerte. Auch meine eigenen Versuche [1]) führten zu dem Ergebnis, dafs die Pflanze selbst zu der Zeit, in der sie vorzugsweise das Reservematerial zu Cellulose und dergl. verarbeitet, neue, aus der Bodenlösung stammende Mineralstoffe braucht.

So wirkt schon bei der Keimung der Samen frische Kalkzufuhr günstig, ja sie erscheint manchmal notwendig. Die Angaben, dafs Kalk den keimenden Samen unzuträglich sei [2]), dürften auf der Anwendung zu hoch konzentrierter Lösungen beruhen. Loew und May erklären, dafs ein bestimmter Überschufs von Kalk im Boden über den Magnesiagehalt bei der Pflanze Hungersymptome hervorrufe (s. Magnesiamangel). Eine frühere Behauptung von Dehérain und Breal [3]), dafs bei Kalkmangel die Pflanzen den in ihrem Körper gespeicherten Kalk besser verwenden, wenn die Temperatur erhöht wird, hat sich nicht bestätigt [4]). Aufser Molisch hat auch Portheim das Irrige dieser Angaben nachgewiesen [5]).

Von den älteren Beobachtern schildert Nobbe [6]) die Erscheinungen des Kalkmangels bei Wasserkulturen. Buchweizen, Erbsen, Robinie usw. kamen nur wenig über das Keimungsstadium hinaus. Die falben Blätter zeigten Flecke, welche den durch Säurewirkung entstandenen ähnlich waren und vertrockneten allmählich, wobei die Blattstiele häufig einknickten. An Nadelhölzern bekamen schon die erstjährigen Nadeln gelbe bis braune Spitzen.

Neuere Kulturversuche in kalkfreien Nährlösungen mit Getreide, Buchweizen und *Elodea canadensis* [7]) zeigten, dafs schon nach fünftägigem Aufenthalt in kalkfreier Lösung das Wurzelwachstum nachliefs und später ganz aufhörte. Die Wurzeln bräunten sich, und die Wurzelhaube starb ab; auf den Blättern, die bald zugrunde gingen, fanden sich eigenartige, bräunliche Flecke. Der Gehalt an sauerem Kaliumoxalat und an Stärke war gröfser als bei normalen Pflanzen. Das Absterben der ohne Kalk ernährten Pflanzen ist von Loew auf eine Giftwirkung der Magnesiasalze zurückgeführt worden. Bruch's Kulturver-

---

[1]) Sorauer, Studien über Verdunstung. Forsch. auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik. 1880, S. 429.

[2]) Windisch, R., Über die Einwirkung des Kalkhydrates auf die Keimung. Landwirtsch. Versuchsstationen. 1900, S. 283.

[3]) Annales agronomiques Bd. IX, 1883, Nr. 52.

[4]) Krüger, W., und Schneidewind, W., Zersetzungen und Umsetzungen von Stickstoffverbindungen im Boden durch niedere Organismen usw. Landwirtsch. Jahrbücher 1901, S. 633ff.

[5]) Portheim, L. v., Über die Notwendigkeit des Kalkes für Keimlinge usw. cit. Bot. Jahresber. 1901, Abt. II, S. 141.

[6]) Döbner-Nobbe, Botanik für Forstmänner. 1882, S. 314.

[7]) Bruch, P., Zur physiologischen Bedeutung des Calciums in der Pflanze. Landwirtsch. Jahrb. 1901, Suppl. III, S. 127.

suche in wässerigen Lösungen mit Magnesiumsulphat, -nitrat, -carbonat, und -phosphat zeigten, dafs zwar die Wurzeln bald ihr Wachstum einstellten, aber die oberirdischen Teile sich völlig normal weiter entwickelten und sogar zur Blüte gelangten. Weizenpflanzen in kalk- und magnesiafreien Lösungen starben weit schneller ab als solche in nur kalkfreien Lösungen.

Amar[1]) beobachtete das Fehlen der Kalkoxalatkristalle in den Blättern, welche nach Einbringen der Pflanzen in eine kalkfreie Lösung gebildet worden waren.

Einen weiteren Einblick in die Wirkung des Kalkmangels geben Krüger und Schneidewind durch die Mitteilung von Schimper, dafs die Folgen einer Kalkentziehung alle Symptome der Vergiftung zeigen infolge eines enorm grofsen Gehaltes an saurem oxalsaurem Kali. Bei *Phaseolus* konnten die Verfasser zwar keine besondere Steigerung einer starken organischen Säure nachweisen, aber es gelang ihnen, durch Bestreichen absterbender Keimlinge mit einer Kalklösung am hypokotylen Teile oder an der Stelle, wo das Absterben zu beginnen pflegte, die Pflanzen bis zum vollständigen Verbrauch aller Reservestoffe zu erhalten. Dies bestätigt die Boehm'sche Beobachtung, dafs Keimpflanzen der Feuerbohne mittels der Oberhaut von Stengeln und Blättern aufser Wasser auch Kalk aufnehmen.

Eine Bestätigung vorstehender Beobachtungen bieten die Versuche von Moisescu[2]). Derselbe sah bei verschiedenen Kulturen in Nährlösungen diejenigen Pflänzchen am frühesten und stärksten erkranken, welche in kalkfreier Lösung standen. Bei *Platanus orientalis*, dessen Blätter teilweise längs der Nerven braun und trocken wurden, zeigte sich, dafs die erkrankten gegenüber den gesunden einen doppelt so hohen Säuregehalt besafsen. Auf den kranken Blättern siedelte sich *Gloeosporium nervisequum* an. Man mufs deshalb annehmen, dafs der genannte Parasit nur geschwächte Blätter heimsucht. Diese Schwäche bestände hier in „Calcipenuria", also in Kalkmangel. Nach Ansicht des Verfassers ist eben zu wenig Kalk dagewesen, um das im Überschufs vorhandene oxalsaure Kali in oxalsauren Kalk umzuwandeln.

Aufser derartigen Kulturversuchen liegen eine grofse Anzahl von praktischen Erfahrungen vor, welche auf die Schädlichkeit einer Kalkarmut hinweisen. Wenigstens sahen wir in vielen Fällen ein Aufhören der Krankheitserscheinungen nach Kalkzufuhr. Vielfach mag dabei der Kalk günstig auf die Bodenbeschaffenheit wirken, oft aber auch direkt auf die Zusammensetzung des Zellsaftes. Nach unserer Auffassung existiert eine bedeutende Anzahl von Erkrankungen, die direkt durch Stickstoffüberschufs hervorgerufen werden, bei denen Zufuhr von Kalk und Phosphorsäure das einzig wirksame Hilfsmittel bleibt. Auch werden wir in dem Abschnitt „Enzymatische Krankheiten" der günstigen Wirkung der Kalkdüngung zu gedenken haben. Dort werden wir auch den Punkt der überreichen Säurebildung in der Pflanze berühren, die sicherlich manchmal den Produktionsmodus ungünstig beeinflussen wird. So enthält z. B. bei Kalkmangel im Boden das Zuckerrohr im Saft reichlich Säure und wenig Zucker[3]). Spezielle Fälle von Oxalsäurevergiftung werden wir später erwähnen.

[1]) Amar, Maxime, Sur le rôle de l'oxalate de calcium dans la nutrition des végétaux. Annal. sc. nat. bot. 1904. XIX, S. 195.

[2]) Moisescu, N., Ein Fall von Calcipenuria. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 1905. S. 21.

[3]) Semler, Tropische Agrikultur. II. Aufl., 3. Bd. S. 236.

e. Magnesiamangel.

In Nährlösungen ohne Magnesia erzogene Getreidepflanzen zeigten mehrfach eine gröfsere Langlebigkeit als bei Kalkmangel. Es wäre daraus zu schliefsen, dafs die Pflanze imstande ist, ihre im Gewebe bereits festgelegten Magnesiaverbindungen leichter zu remobilisieren und den jungen Organen wieder teilweise zugänglich zu machen. Wenn das Getreide langsam durch Magnesiahunger erkrankt, zeigen die Blätter ein hellgrünes, schlaffes, aber nicht direkt welkes Aussehen. Ein ganz bedeutender Einflufs läfst sich von vornherein bei der Samenbildung vermuten, wenn man bedenkt, dafs z. B. die in den Proteinkörnern eingeschlossenen Globoide als Kalk- und Magnesiaverbindung mit einer gepaarten Phosphorsäure anzusehen sind. Tatsächlich zeigte sich auch bei Magnesiamangel eine Verminderung der Fruchtbildung, wie Nobbe[1]) angibt. Er führt folgende Symptome auf. Die Blätter nehmen einen bläfslichen, hier und da durch gelbe bis orangerote Flecke unterbrochenen Farbenton an; die Blattentfaltung wird gehemmt, die Internodien werden verkürzt. Die Chlorophyllkörner sind blafsgelbgrün und enthalten in der Regel spärliche Stärkeeinschlüsse. In der Epidermis ist eine geringere Zellteilung bemerkbar. Mit den Pflanzen der stickstofffreien Nährlösungen fand Nobbe die Magnesiamangelpflanzen darin übereinstimmend, dafs rotfleckige Stengel vorhanden waren und dafs die Blätter vorzeitig von der Basis aus abfielen. Letzteres Merkmal dürfte wohl bei allen Hungerpflanzen vorhanden sein, da die jungen Organe bei ungenügender Nährstoffzufuhr durch die Wurzel die älteren aussaugen.

Eine orangerote Färbung konnte auch Möller[2]) bei seinen Magnesiamangelkulturen mit Kiefernsämlingen beobachten. Er sagt, dafs die Nadeln im Oktober leuchtend orangegelbe Spitzen zeigten und weiter abwärts durch ein leuchtendes Rot in das normale Grün übergingen. Die Färbung verschwand, als die Sämlinge im zweiten Jahre Magnesia erhielten. Ramann hatte die orangespitzigen Nadeln zweijähriger Kiefern analysiert und gefunden, dafs dieselben 0,2791 % Magnesia (auf Trockensubstanz berechnet) enthielten, während die danebenstehenden normal grünen Exemplare einen Gehalt von 0,6069 % aufwiesen.

Betreffs der Magnesiawirkung haben Loew und May[3]) der Ansicht Ausdruck gegeben, dafs für ein günstiges Pflanzenwachstum ein bestimmtes Mengenverhältnis zwischen löslichen Kalk- und Magnesiaverbindungen notwendig sei (ungefähr dem molekularen Gewicht, also 5 zu 4 entsprechend). Magnesia in einem Boden in grofsem Überschufs über Kalk ist schädlich. Pflanzen, die insofern Magnesiamangel haben, als Kalk im Überschufs vorhanden ist, zeigen Hungersymptome. Ein kleiner Überschufs an Kalk hebt die giftigen Wirkungen der Magnesia auf. Bei Anwendung magnesiahaltiger Düngemittel sollte zugleich mit Kalken vorgegangen werden. Dieser Rat ist sehr zu beherzigen. Wenn auch die Pflanzen Magnesia sehr gut vertragen, ja notwendig brauchen, so ist der Überschufs sicherlich schädlich, wie die Düngungen mit Kalirohsalzen vielfach beweisen.

---

[1]) Döbner's Botanik für Forstmänner, bearbeitet von Nobbe. 4. Aufl., S. 315.

[2]) Möller, A., Karenzerscheinungen bei der Kiefer. Sond. Z. f. Forst- und Jagdwesen 1904, S. 745.

[3]) Loew, O., und May, W., The relation of lime and magnesia to plant growth. U. S. Departm. of agric. Bull. I. cit. Bot. Jahresber. 1901, II, S. 141.

f. Chlormangel.



Es ist vielleicht anzunehmen, daſs Chlor und Kalk in antagonistischem Verhältnis zueinander in der Pflanze stehen. Die bei dem Kalium erwähnten Ergebnisse von Mayer, daſs die Wirkung des Chlorkaliums geschwächt wird durch Kalk und umgekehrt, weisen darauf hin. Ebenso fand Knop[1]), daſs die Kalkaufnahme bei Chlorgehalt der Nährstofflösung geringer wird, ohne daſs der Kalk in entsprechender Weise von Kali oder einer anderen Base vertreten erscheint. Somit veranlassen die Chlorverbindungen (durch Zurückbleiben des Kalkes) ein wesentliches Steigen des Säuregehaltes im Pflanzensafte. Da unter den aufgenommenen Säuren die Phosphorsäure überwiegt, so glaubt Knop dieser Säure die von Nobbe beobachtete, gröſsere Fruchtbarkeit bei Anwendung von chlorhaltigen Nährstofflösungen zuschreiben zu dürfen. Man möchte sich demnach den Vorgang so erklären, daſs das Chlor, das übrigens je nach den der Wurzel dargebotenen Mengen in enorm verschiedenen Quantitäten sich im Pflanzenkörper anhäufen[2]) kann, die

Fig. 40. Blühende, in normaler Nährstofflösung erzogene Buchweizenpflanze. (Nach Nobbe.)

[1]) Chemisch-physiologische Untersuchungen über die Ernährung der Pflanze von Knop und Dworzak. Aus Berichte d. Kgl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. vom 23. April 1875, cit. Jahresber. f. Agrikulturchemie 1875, S. 267.

[2]) Pagnoul, Sur le rôle exercé par les sels alcalins sur la végétation de la betterave et de la pomme de terre. Compt. rend. 1875, t. LXXX, S. 1010. Fünfjährig fortgesetzte Düngungsversuche mit Chlorüren zeigten in den Rüben eine

Transportfähigkeit der Phosphorsäure erhöht, indem es die Kalkaufnahme vermindert und dadurch verhütet, daſs die Phosphorsäure in der schwerlöslichen Form des phosphorsauren Kalkes auftrete. Kommt die bei der Bildung der Eiweiſsstoffe mitwirkende Phosphorsäure sehr leicht in die meristematischen Gewebezonen der fortwachsenden Spitzen, dann tritt reiche Plasmabildung und Zellvermehrung und damit in Verbindung reiches Abströmen der Kohlenhydrate zur Eiweiſsregeneration ein. Demgemäſs werden sich stark fortwachsende Triebe und wenig gespeicherte Reservestoffe in den mit Chlor gedüngten Pflanzen finden müssen. Tatsächlich zeigen die vielen Düngungsversuche ein Herabgehen der Stärke und des Reservezuckers in den üppig wachsenden Kulturpflanzen.

Auſser der wahrscheinlichen Erhöhung der Transportfähigkeit der Phosphorsäure hat das Chlor nachweisbar einen befördernden Einfluſs auf die Fortleitung der in den Blättern bereiteten Stärke. Nach Nobbe's Versuchen wächst die chlordarbende Pflanze unter ganz dunkelgrüner Färbung fort und zeigt eine bedeutende Produktion stärkereicher Substanz; aber es tritt früher oder später, jedenfalls vor der Blüte eine eigenartige Gestaltsänderung ein. Die dunklen, abnorm dickfleischigen, stärkestrotzenden Blätter sah Nobbe (bei Eiche und Buchweizen) sich einrollen, brüchig und hinfällig werden. Die Stengel und Blattstiele erscheinen wulstig dick, die Internodien der Stengel immer kürzer, und schlieſslich vertrocknen manche derselben von der Spitze aus. Wenn die Pflanze bis zur Blüte kommt, entwickeln sich trotz des reichen Stärkematerials in den Blättern doch nur vereinzelte ungemein dürftige Früchtchen. Der Einfluſs des Chlormangels wird am besten durch den Vergleich einer normalen mit einer bei Chlormangel erzogenen Buchweizenpflanze erkennbar (Fig. 40 und 41).



Fig. 41. In chlorfreier Lösung erzogene Buchweizenpflanze. (Nach Nobbe.)

Schwankung im Gehalt von 1—50. Bei Kartoffeln fiel der geringste Ertrag an Knollen mit der geringsten Menge der Asche an kohlensaurem Kali, aber deren gröſstem Reichtum an Chlorüren zusammen.

g. Eisenmangel und Gelbsucht (Icterus).

Die Ausdrücke „Gelbsucht“, „Bleichsucht“, Weifsblätterigkeit“, „Panachure“, „Chlorosis“, „Albicatio“, „Etiolement“ sind die geläufigsten Bezeichnungen für die Zustände, bei denen ein Blatt stellenweise oder in seiner gesamten Flächenausdehnung den grünen Farbstoff verliert. Die Ursachen für diese Farbenänderung sind äufserst verschieden, stellen aber stets Schwächezustände dar.

Um einen Überblick über die mannigfachen Erkrankungsfälle zu gewinnen, versuchen wir dieselben zu gruppieren in

1. Nicht angeborene und nicht übertragbare Zustände.
   a) Die Verfärbung ergreift die gesamte Fläche des im Lichte ausgewachsenen Blattes. Dasselbe nimmt, nachdem es in der Jugend grün gewesen, in seiner ganzen Fläche einen gelblichen, gelben bis gelbweifsen Farbenton an: Icterus oder Gelbsucht. Ursache: meistens Nährstoffmangel.
   b) Die bleiche Verfärbung ist im jugendlichen Organ bereits vorhanden, und die Blätter verharren in einem der Jugend ähnlichen Zustande bis zu ihrem vorzeitigen Ende: Chlorosis, Bleichsucht oder Etiolement. Ursache: Licht-, bisweilen Wärmemangel (s. diese).

2. Angeborene und übertragbare Zustände.

Die Pflanzenteile zeigen gelbe bis reinweifse Flecke oder Streifen. Vorzugsweise leiden die Pflanzen, bei denen rein weifse Blätter neben grün gefleckten oder gänzlich grünen auftreten. Flecke meist mit scharfer Abgrenzung: Weifsblätterigkeit, Albicatio, Panachure. Manchmal übertragbar durch Samen oder durch Veredlung. Ursache: Wahrscheinlich Enzymatische Störungen (s. diese).

Selbstverständlich gibt es Mittelstufen zwischen den genannten Typen, da mehrfach ein Zusammenwirken der einzelnen Ursachen stattfindet.

Im vorliegenden Abschnitt fassen wir nur die icterischen Zustände ins Auge und führen sie unter Eisenmangel auf, weil man sich seit den Untersuchungen von Gris[1]), Vater und Sohn, gewöhnt hat, die Gelbsucht als vorzugsweise auf Eisenmangel beruhend zu betrachten. Die genannten Autoren sahen gelbsüchtige Blätter an den Stellen ergrünen, die sie mit einem löslichen Eisensalze bestrichen hatten. Auch wenn solche Pflanzen für ihre Wurzeln eine verdünnte Eisenlösung zur Verfügung hatten, konnte ein Ergrünen beobachtet werden. Die Versuche über die Wirksamkeit der Eisenlösung wurden vielfach wiederholt, wie z. B. von Knop[2]) und Sachs[3]), die bei Kulturen von Mais in eisenfreien Nährstofflösungen wahrnahmen, dafs die Pflanzen nur so lange

---

[1]) Gris, A., Ann. scienc. nat. 1857, VI ser. Bd. VII, S. 201.

[2]) Knop (Jahresbericht f. Agrikulturchemie 1868/69, S. 288) beobachtete bei solchen Versuchen, dafs das in die Pflanze kommende Eisen in dem Zellsafte nicht nachgewiesen werden konnte, also in einer gebundenen Form vorhanden ist. Im Jahre 1860 (Bot. Z. S. 357) stellten Weiss und Wiesner fest, dafs Eisen nur in unlöslichen Verbindungen vorkommt, und zwar sowohl im Inhalt als auch in der Wandung älterer Zellen.

[3]) Experimentalphysiologie S. 144.

grün blieben, als sie vom Samen her noch Reservestoffe erhielten. Nach dieser Zeit entwickelten sich Blätter, die nur noch an der Spitze grün und an der Basis schon gelblich waren, bis die nächsten Blätter gleichmäfsig icterisch erschienen. Ähnliche, zuerst streifenweise auftretende Verfärbungen zeigten erwachsene Pflanzen, die erst normal sich entwickelt hatten und dann in eisenfreie Nährlösung gebracht wurden. Es trat dabei Taubblütigkeit ein, und die Produktion an Trockensubstanz war eine wesentlich geringere. Frank[1]) beobachtete bei Eisenmangel die überall bemerkbare Hungererscheinung, dafs die neu entstehenden Blätter die älteren aussaugten, die unter Entfärbung abstarben. Bei den icterischen Organen sind die Chlorophyllkörner von normaler Gestalt, aber vielleicht an Zahl und Gröfse etwas geringer; ihre Farbe aber ist bleich. Wenn auch der Chlorophyllfarbstoff an sich kein Eisen enthält[2]), so wird doch durch das Fehlen desselben der ganze Ernährungszustand des Chlorophyllkorns geschwächt. Aber zunächst ist der Chloroplast normal geformt vorhanden und wird erst später zerstört. Dadurch unterscheiden sich die Hungererscheinungen von der enzymatischen Albicatio.

Um nun die durch ähnliche Symptome zu Verwechslung Veranlassung gebenden Erscheinungen nicht trennen zu müssen, erwähnen wir hier noch den Icterus durch Kälte. Wir sehen in kalten, nassen Perioden bei den meisten unserer Kulturpflanzen ein allmähliches Vergilben, das mit dem Steigen der Temperatur von selbst verschwindet. Oftmals kommen im Frühjahr die Blattkegel unserer Blumenzwiebeln gelb aus der Erde, und erst, wenn es wärmer wird, schieben sich die jüngeren Blatteile in normaler Grünfärbung allmählich nach.

Von dieser vorübergehenden Gelbsucht ist die chronische zu unterscheiden, bei welcher die gelb hervorgetretenen Blattteile auch gelb bleiben. Dieser Fall ist zu beobachten, wenn eine plötzliche, stärkere Kältewirkung die jugendlichen Zellen trifft und die Chloroplasten zerstört. Man sieht dann an Stelle derselben nur noch feinkörnige, gelbliche Gruppen bisweilen neben gelben Tropfen, und diese Partien erholen sich später nicht mehr. An den Übergangsstellen in die von der Erde geschützt gewesenen ergrünenden Blatteile erkennt man farblose, verquollene und hellgrüne Chlorophyllkörner, die später zum Teil nachgrünen.

Bei Einwirkung plötzlicher, mehrstündiger Kälte sah Haberlandt[3]) erst bei — 4 bis 6° C. eine merkliche Veränderung und erst bei — 12 bis 15° C. eine totale Zerstörung der Chlorophyllkörner (mit Ausnahme derer bei immergrünen Pflanzen) eintreten. Es entstand bei Vacuolenbildung eine Verzerrung der Form der entweder in die Seitenstellung (Apostrophe) übergehenden oder sich klumpig ballenden Körner, von denen übrigens die mit Stärkeeinschlüssen versehenen schneller zerstört wurden als die stärkelosen. Bei den Blättern von *Viola odorata* konnte ein durch das Alter des Blattes erzeugter Unterschied betreffs der Zerstörbarkeit des Chlorophylls nicht wahrgenommen werden.

Wir werden diesen Gegenstand noch einmal bei der Herbstfärbung

---

[1]) Krankheiten der Pflanzen. 1895. I. S. 290.
[2]) Molisch, Die Pflanzen in ihren Beziehungen zum Eisen. 1892. S. 81.
[3]) Haberlandt, Über den Einflufs des Frostes auf die Chlorophyllkörner. Österr. Bot. Zeit., cit. Bot. Jahresbericht 1876, S. 718.

berühren. Gelblaubigkeit im Frühjahr als Nachwirkung von Froststörungen findet man in Baumschulen häufig bei Birnen.

Sehr geneigt zum Icterus ist der Weinstock. Hier sind verschiedene Faktoren als Ursache erkannt worden. Bei Fällen, die von Mach und Kürmann[1]) in den Weinbergen Tirols beobachtet worden sind, ergab die Analyse dicht nebeneinanderstehender grüner und icterischer Stöcke:

Wassergehalt der gelben Blätter . . 77,97 %
Wassergehalt der grünen Blätter . 73,17 %

An organischer Substanz und in dieser an Stickstoff besafsen die grünen Blätter einen gröfseren Prozentsatz der Trockensubstanz, an Asche dagegen einen bedeutend geringeren. In der Asche der gelben Blätter zeigten sich sechsmal so viel in Salzsäure unlösliche Mineralbestandteile als in jener der grünen: dagegen war der Kaligehalt in den ersteren geringer. Ein Begiefsen mit Stalljauche wirkte günstig. Einen ähnlichen Fall beschreibt E. Schulze[2]). Blätter und Rebholz der kranken Stöcke enthielten nur halb so viel Kali wie die der gesunden Stöcke, welche dagegen sich ärmer an Kalk und Magnesia erwiesen. Aufser diesem Icterus aus Kalimangel wird auch durch zahlreiche Beobachtungen eine Gelbsucht des Weines infolge von Kalküberschufs festgestellt. Mir scheint, dafs nicht die Kalkmenge an sich der schädigende Faktor ist, sondern hauptsächlich der Kalimangel, da Kalkböden in der Regel arm an Kali sind. Wir kommen auf diesen Fall im Abschnitt vom Kalküberschufs zurück.

Eine häufige Ursache ist ferner der Stickstoffhunger. Derselbe äufsert sich, abweichend von Erscheinungen des Mangels an anderen Nährstoffen, nicht im Absterben der Pflanze im jugendlichen Alter, sondern nur in einer Verlangsamung des Wachstums und Reduktion sämtlicher Organe auf ein Minimum.

Die vielfach wiederholten Versuche mit der Kultur von nichtschmetterlingsblütigen Pflanzen in Nährstoffgemischen ohne Stickstoffbeigabe haben gezeigt, dafs aus einem Samen unter sonst günstigen Verhältnissen bei einzelnen Pflanzengeschlechtern eine neue, selbst bis zur Produktion einiger Blüten und neuer Samen sich herausbildende Miniaturpflanze entstehen kann. Der Gesamtstickstoffgehalt dieser ganzen Pflanze erreicht aber nicht denjenigen des ursprünglichen Samens. Aus diesem Umstande geht erstens hervor, dafs die Pflanze nicht imstande ist, durch ihre Blätter nennenswerte Mengen von Luftstickstoff zu verwerten, zweitens aber ersehen wir daraus, dafs die in den Samen gespeicherte Stickstoffsubstanz einzelnen Individuen ermöglicht, ihren ganzen Entwicklungszyklus zu durchlaufen, also alle Lebensprozesse in minimalem Umfange durchzumachen. Dies führt zu der ferneren Erkenntnis, dafs der im Samen gespeicherte Stickstoff leicht mobilisierbar und wanderungsfähig, ja dafs dasselbe Molekül wahrscheinlich zu denselben Zwecken des Aufbaues von Zellenplasma mehrmals verwendbar ist. Auch die Betrachtung des Wachstums der Stickstoffmangelpflanzen weist auf ein solches Verhältnis hin; denn man sieht, dafs in dem Mafse, als die Stengelspitze weiter wächst,

---

[1]) Biedermanns Centralbl. 1877, S. 58.

[2]) Zeitschr. d. landwirtsch. Centralver. für das Grofsherzogtum Hessen. cit. Centralbl. f. Agrikulturchem. 1872, S. 99.

die untersten Blätter ausgesogen werden und vom Rande oder der Spitze her zu vertrocknen beginnen.

Bei der schnellen Verwertbarkeit und Wanderungsfähigkeit des Stickstoffs kann eben sehr schnell Mangel an diesem Nährstoff eintreten und sich durch Gelbsucht ankündigen. Bei unseren Kulturen können auch solche Fälle eintreten, wenn reicher Stickstoffvorrat noch im Boden ist, aber in einer für spezielle Ansprüche der bestimmten Kulturpflanze nicht zusagenden Form existiert. Das hervorragendste Beispiel liefern unsere Zuckerrüben, denen der Stickstoff aufser in Stallmist namentlich in Form von Chilisalpeter bisher zugeführt worden ist. Die vielfachen, äufserst günstigen Erfolge der Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak bei verschiedenen anderen Kulturgewächsen haben nun auch zur Verwendung dieses Düngemittels bei der Rübenkultur geführt. Aber die Praxis hat dabei zum Teil üble Erfahrungen gemacht, da die Rüben in der Polarisation sehr schlecht ausfielen.

In einer eingehenden Besprechung dieses Punktes[1]) heben Hollrung, Krüger und Schneidewind hervor, dafs die Zuckerrübe eine ausgesprochene Nitratpflanze sei; da das Ammoniak aber nicht so schnell und direkt durch die Mikroorganismen des Bodens zu Salpetersäure umgewandelt werde, könne Mangel an salpetersauren Verbindungen eintreten und die Rübe Not leiden, obgleich Stickstoff genug als Ammoniak vorhanden sei. Etwaige Erscheinungen der Gelblaubigkeit werden somit erklärlich durch eine für Rüben ungeeignete Beschaffenheit des Stickstoffdüngers, die aber für Getreide und Kartoffeln günstig sich erweist.

Schon eine ältere Notiz weist auf den Unterschied der Wirkung je nach der gebotenen Stickstoffform hin. Die Analysen von Lagrauge[2]) nämlich ergaben, dafs in den mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngten Rüben ein doppelt so grofser Ammoniakgehalt nachweisbar war als in den mit Natronsalpeter gedüngten.

Dafs auch durch die Trockenheit allein eine Gelbfärbung der Rübenblätter verursacht werden kann, ist eine bekannte Tatsache, so dafs wir nur ein recht bezeichnendes Beispiel anzuführen brauchen. Im Jahre 1896 litten (nach Troude[3]) die Rüben in Frankreich, namentlich im nördlichen, in ausgedehntem Mafse an Gelblaubigkeit. Die Erscheinung trat im Juni nach längerer Periode intensiver Trockenheit auf und breitete sich besonders in sonnigen Lagen und auf leichten Böden aus, während Gegenden mit feuchtem, maritimem Klima nur geringe Erkrankung zeigten. Der Zuckergehalt des langsam wachsenden Rübenkörpers war um 2—3 % geringer als bei den gesunden Exemplaren.

Bei einem Rückblick auf die soeben angeführten Einzelfälle kommen wir zu der Überzeugung, dafs der Icterus eines der weitestverbreiteten Symptome bei Assimilationsstörungen ist. Einen Schlufs auf eine bestimmte Ursache läfst aber das Auftreten der Gelbsucht zurzeit nicht zu.

---

[1]) Hollrung, Inwieweit ist eine Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak geeignet, bei den Zuckerrüben eine Schädigung hervorzurufen? Vortrag. Blätter für Zuckerrübenbau 1906, S. 70.

[2]) Biedermann's Centralbl. 1876. I. S. 258.

[3]) cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1897, S. 55.

h. Mangel an Phosphor und Schwefel.

Die früher durch die makrochemischen Arbeiten von RITTHAUSEN festgestellte Verteilung des Phosphors in der Pflanze ist später durch LILIENFELD und MONTI sowie durch POLLACCI[1]) mikrochemisch nachgewiesen worden. Letzterer fand, dafs im allgemeinen die Zellwände frei von Phosphor sind, dafs dagegen das Protoplasma, namentlich aber der Zellkern samt den Chromatinkörpern reichlich dieses Element enthält. Die Kristalloide und Globoide der Aleuronkörner sind gleichfalls phosphorhaltig. Somit sind die Proteinsubstanzen ganz besonders abhängig von den vorhandenen Phosphorsäuremengen, und deren Mangel wird sich namentlich bei der Blütenanlage und Samenausbildung zur Geltung bringen. Nach den NOBBEschen Vegetationsversuchen[2]) erscheint der Phosphor bei der Bildung des Chlorophyllfarbstoffs unbeteiligt; es zeigte sich bei Eichen, die seit drei Jahren in phosphorsäurefreier Nährlösung standen, das Laub noch tiefgrün. Bei anderen Pflanzen sah NOBBE schliefslich eine tief orangerote Farbe der Blätter und Stengel eintreten. Eine Produktion von neuer Trockensubstanz findet nicht oder nur äufserst minimal statt. An seinen Kiefernaussaaten bemerkte MÖLLER[3]) bei Phosphorsäuremangel eine blaurote (stumpfviolette) Nadelfärbung. Bei zweijährigen Pflanzen war das Violett mehr zum Olivenbraun neigend.

Bei den Mitteilungen über Verfärbungserscheinungen, welche bei Mangel einzelner Nährstoffe sich einstellen, darf man nicht die bei einer Pflanzenspezies erhaltenen Resultate auf eine andere Spezies übertragen, da die Verfärbung nicht überall dieselbe ist. Betreffs der Phosphorsäure sah ich bei Mangelpflanzen von Rüben, Erbsen und Seradella, dafs sie in graugrüner Farbe vertrockneten, wobei sie vorher fahlgrün, aber nicht gelb geworden waren. Bei Stickstoffmangel verfärbten sich dieselben Arten rein quittengelb.

Bei dem Mangel an Schwefel in einer Nährlösung sah NOBBE eine etwas bessere Entwicklung; doch erreichten seine Versuchspflanzen kaum die Hälfte der normalen Höhe, und die gelbgrünen Blattflächen zeigten dementsprechend geringe Entwicklung. Stärke wenig und kleinkörnig. Die Zellteilung wird wesentlich beeinträchtigt. Die Fruchtbildung kommt nicht oder nur sehr mangelhaft zustande.

i. Sauerstoffmangel.

Allgemeine Erscheinungen.

Als bekannt vorauszusetzen ist, dafs bei Aufhören der Sauerstoffzufuhr die Protoplasmabewegung allmählich stillsteht (Sauerstoffstarre). KÜHNE[4]) beobachtete, dafs in einer Wasserstoffatmosphäre die Bewegung in den Staubfadenhaaren von *Tradescantia virginica* nach 15—20 Minuten aufhörte. WORTMANN[5]) sah die Pflanzenteile in sauer-

---

[1]) POLLACCI, G., Sulla distribuzione del fosforo nei tessuti vegetali. Malpighia. vol. VIII. cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1895, S. 299.

[2]) DÖBNER-NOBBE, Botanik für Forstmänner. IV. Aufl. S. 317.

[3]) Karenzerscheinungen usw. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1904, S. 745.

[4]) Untersuchungen über das Protoplasma. 1864, S. 89 und 106.

[5]) WORTMANN, Über die Beziehungen der intramolekularen zur normalen Atmung. Inauguraldissertation, Würzburg 1879.

stofffreier Luft anfangs gerade so viel Kohlensäure aushauchen als die bei ungehinderter Sauerstoffzufuhr; später machte sich ein Unterschied zugunsten der letzteren geltend. Dieser allmähliche Kohlensäurerückgang bei Sauerstoffabschlufs (intramolekulare Atmung) deutet wie das allmähliche Aufhören der Plasmabewegung darauf hin, dafs zunächst noch der im Pflanzenleibe gespeicherte Sauerstoff verbraucht wird. Der Erstickungstod erfolgt also langsam, namentlich da die grüne Pflanze unter genügender Beleuchtung noch Kohlensäure und Wasser zersetzt und sich noch Sauerstoff für einige Zeit selbst bildet. Böhm[1]) wies eine geringe Menge Sauerstoff in dem Gasvolumen nach, wenn er grüne Blätter von Landpflanzen bei genügender Beleuchtung in Wasserstoffatmosphäre einschlofs.

Abgesehen von den Fällen, welche in den Abschnitten über „Lehmboden" und das „Tiefe Pflanzen der Bäume" bereits besprochen worden sind, gedenken wir einiger Vorkommnisse schlechter Durchlüftung infolge Verstopfung der die Hauptwasserleitung ausführenden Gefäfslumina. Solche Verstopfung ist besondes für das Splintholz gefahrbringend[2]). Mit Böhm[3]) möchten wir uns den Durchlüftungsvorgang folgendermafsen vorstellen. Es ist nicht blofs eine Druckdifferenz zwischen der Aufsenluft und der verdünnten Luft im Innern der Gefäfse, sondern auch ein stofflicher Unterschied. Die Binnenluft wird ihren Sauerstoff bei den Respirationsprozessen schneller hergeben und die entstehende Kohlensäure aufnehmen. Diese wird entweder bei einer Füllung der Gefäfse mit Wasser aufgesogen und mit dem aufsteigenden Saftstrome fortgeführt oder aber, da sie die feuchten Wandungen ziemlich leicht durchdringt, durch Diffusion in radialer Richtung nach aufsen geschafft. Der neue notwendige Sauerstoff, der in geringerer Menge wohl auch mit der im Wasser gelösten sauerstoffreicheren Luft durch die Wurzeln eintritt, wird jedoch der Hauptsache nach unter normalen Verhältnissen durch transversale Leitung nach innen gelangen. Derselbe diffundiert durch die feuchten Membranen leichter als der Stickstoff der Luft, weil das Wasser für ihn eine gröfsere Absorptionsfähigkeit hat als für den Stickstoff. Da nun der Sauerstoff im Innern des Pflanzenleibes am meisten verbraucht wird, aber auch am leichtesten wanderungsfähig ist, so wird sich ein vorherrschender Diffusionsstrom von Sauerstoffgas von aufsen nach innen in jeder Horizontalebene eines Stammes ergeben.

Weitere Beobachtungen über den Gasaustausch gibt Wiesner[4]). Derselbe zeigt, dafs das Periderm, der Korküberzug, selbst bei grofsen Druckdifferenzen für Luft völlig undurchdringlich ist; der Austausch findet nur durch die auch im Winter durchlässigen Lenticellen statt. In gefäfslosem Holze erfolgt der Ausgleich durch die Membranen hindurch, namentlich durch die zarte Tüpfelhaut, wobei neben der Effusion auch die Absorption durch colloidale Wände ins Spiel kommt. Bei gefäfsreichen Holzkörpern ist aufserdem noch die Transpiration und der

---

[1]) Böhm, Über die Respiration von Landpflanzen. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd. 67 (1873).

[2]) Elfving, Über die Wasserleitung im Holze. Bot. Z. 1882, Nr. 42.

[3]) Böhm, J., Über die Zusammensetzung der in den Zellen und Gefäfsen des Holzes enthaltenen Luft. Landwirtsch. Versuchsstationen Bd. XXI S. 373.

[4]) Wiesner, Versuche über den Ausgleich des Gasdruckes in den Geweben der Pflanzen. Sitz. d. Kais. Akad. d. Wissensch. zu Wien am 17. April, cit. in Österr. Bot. Zeit. 1879, S. 202.

Durchgang der Gase durch die als Kapillaren fungierenden Gefäfse zu berücksichtigen. Axial findet der Druckausgleich schneller statt als in den Querrichtungen. Je stärker eine Parenchym- oder Holzzelle mit Wasser imbibiert ist, desto langsamer tritt Druckausgleich ein. Dieses Verhältnis kehrt sich bei der Peridermzelle um; wenn dieselbe ihres wässerigen Inhalts verlustig geht und sich mit Luft füllt, wobei die Wand eintrocknet, verliert die Zelle die Durchlässigkeit für Gase. In luftführendem Parenchym strömt bei Druckausgleich ein Teil der Luft durch die Intercellulargänge, ein anderer geht durch die geschlossenen Membranen, und zwar am leichtesten durch die unverdickt gebliebenen Stellen.

Über die Vorgänge, welche sich in den Bäumen bei schlechter Bodendurchlüftung abspielen, gibt eine Mitteilung von Mangin[1]) Kenntnis. Derselbe fand, dafs die Gefäfse bei *Ailanthus* sich mit Thyllen verstopften, und erklärt den Vorgang dadurch, dafs bei dem Luftmangel im Boden auch die Gefäfse an ihrer Luftzufuhr Mangel leiden. Infolgedessen wird die Gefäfsluft über eine zulässige Grenze hinaus verdünnt, und nun stülpen sich aus der Nachbarschaft die Thyllen in das Gefäfsrohr hinein und behindern ihrerseits wieder die Wasserleitung.

Bezüglich des Einflusses von Sauerstoffmangel auf Samen sei zunächst der Untersuchungen von Bert[2]) gedacht, wonach die Keimung um so langsamer vor sich geht, je geringer der Luftdruck ist. Den hemmenden Einflufs der Luftverdünnung auf die Plasmaströmung hat schon vor vielen Jahren Corti[3]) beobachtet. Da aber bei normalem Luftdruck und nur vermindertem Sauerstoffgehalt ebenfalls die Keimung langsamer erfolgt und umgekehrt bei erniedrigtem Luftdruck, aber erhöhter Sauerstoffzufuhr die Samen schneller keimen, so ergibt sich, dafs eben nur der Partialdruck des Sauerstoffs der mafsgebende Faktor ist.

Auch bei den Erscheinungen des Sauerstoffmangels bietet sich wieder die Gelegenheit, darauf hinzuweisen, dafs plötzliche Veränderungen störender sind, als allmählich sich einstellende. Stich[4]) fand, dafs in sauerstoffarmer Atmosphäre der normale Atmungsquotient sich wieder herstellt unter Verminderung der absoluten Sauerstoff- und Kohlensäuremengen. Bei allmählicher Entziehung des Sauerstoffs wird die intramolekulare Atmung erst bei beträchtlich niedererem Sauerstoffprozentsatz angeregt, als bei plötzlicher Verkleinerung desselben.

Für den praktischen Betrieb beherzigenswert ist die Erfahrung, dafs bei Samen auch Erstickungserscheinungen auftreten, wenn ihr Gewebe gänzlich mit Wasser angefüllt ist. Bei der gewöhnlichen Quellung der Samen erhält der Inhalt das zur Keimung notwendige Wasser, ohne dafs alle Luft aus den Zwischenräumen verdrängt wird; wenn man dagegen die Samen zu lange Zeit im Wasser behält, tritt Fäulnis ein, bei der sich häufig ein deutlicher Buttersäuregeruch, die

---

[1]) Mangin, Influence de la raréfaction produite dans la tige sur la formation des thylles gommeuses. Compt. rend. 1901. II, S. 305.

[2]) Bert, Recherches expérimentales sur l'influence que les changements dans la pression barométrique exercent sur les phénomènes de la vie. Compt. rend. LXXVI et LXXVII.

[3]) Meyen, Pflanzenphysiologie. 1838, II, S. 224.

[4]) Stich, C., Die Atmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. Flora 1891, S. 1.

Bakterienfäule, in hohem Maſse geltend macht. Ebenso zeigen Versuche, wie z. B. die von JUST[1]), daſs eine gänzliche Anfüllung der Luft führenden Gewebe mit Wasser (durch Auspumpen der Luft unter der Luftpumpe) die Keimprozente auſserordentlich verringert.

Bei naſs aufeinandergeschichteten Samen ist es nicht der Überschuſs an Wasser, der die Keimkraft so schnell zerstört, sondern übermäſsige Erwärmung und Kohlensäurebildung. WIESNER[2]) fand übrigens, daſs die Kohlensäurebildung später als die Wärmeentwicklung auftritt; erstere kann also nicht die einzige Wärmequelle sein, sondern es ist eine solche auch in der Wasseraufnahme selbst zu suchen. Die mit Wasser in Berührung kommenden Samen verdichten das in ihre Gewebe eintretende Wasser, wobei Wärme frei wird.

Daſs Sauerstoffüberschuſs ebenso schädlich wie -mangel wirkt, ist natürlich. BERT fand, daſs durch zu hohe Spannung des Sauerstoffs die Oxydationsvorgänge in den Pflanzen gehemmt wurden. Bei 6 Atmosphären starb eine Mimosa, welche bei Sauerstoffmangel ihre Reizbarkeit verliert, in gewöhnlicher Luft. Wurde die Luft sauerstoffreicher gemacht, genügte zur Tötung schon ein Druck von 2 Atmosphären.

Die Brusone-Krankheit des Reises.

Die durch das Auftreten rostfarbiger Flecke auf den Blättern nebst Schwärzung und Erschlaffung der Halme sich kenntlich machende allgemein gefürchtete Brusone-Krankheit ist, seitdem 1874 GAROVAGLIO die Untersuchungen begonnen hatte, vielfach der Gegenstand eifriger Studien gewesen. Die Mehrzahl der Forscher sprach die Erscheinung als parasitär an. Teils glaubte man, Bakterien als Ursache annehmen zu müssen, teils machte man verschiedene Mycelpilze, unter denen *Piricularia Oryzae* Br. et Cav. besonders oft genannt wurde, für die Krankheit verantwortlich.

Neuerdings hat aber BRIZI[3]) vergleichende Kulturversuche angestellt, aus denen hervorgeht, daſs ein Luftabschluſs von den Wurzeln bei hohen Temperaturen in Wasserkulturen zur Erkrankung der Pflanzen unter den Erscheinungen der Brusone-Krankheit führt. Mit diesen Versuchsergebnissen stimmen die Erfahrungen, die man in Italien und Japan gemacht hat, sehr gut überein. Es ist nämlich beobachtet worden, daſs die Brusone-Krankheit dann einzutreten pflegt, wenn hohe Erwärmung kompakter, wenig durchlässiger Böden und schneller Temperaturwechsel sich einstellen. Es folgt dann ein Wurzelsiechtum, das eine Halmerkrankung nach sich zieht; erst später siedeln sich auf den erkrankten Teilen parasitäre Organismen an.

Wir halten die Experimente BRIZI's für ausschlaggebend und glauben, daſs ein Ersticken der Wurzeln bei hohen Temperaturen, welche die Blatttätigkeit hochgradig steigern, den ersten Anstoſs zur Erkrankung darstellt. Bodendurchlüftung wäre demnach in erster Linie ins Auge zu fassen.

---

[1]) Bot. Z. 1880, S. 143.

[2]) Landwirtsch. Versuchsstationen 1872, Nr. 2 S. 133.

[3]) BRIZI, U., Ricerche sulla malattia del riso detta Brusone. Ann. Istituto agrar. Ponti. 1905. Milano. cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1906.

Erkrankung der Gladiolen.

Auf Sauerstoffmangel im Boden ist eine Krankheitserscheinung zurückzuführen, die in Gladiolenkulturen auf schweren Böden oder Grundstücken mit leichterer Bodenart, aber hohem Grundwasserstande in feuchten Jahren nicht selten ist. Die Krankheit äufsert sich in einem oft plötzlichen Absterben der Pflanzen zur Zeit, in der der Blütenstand bereits entwickelt ist. Zunächst erscheinen (anfangs nur bei durchfallendem Lichte bemerkbar) die unteren Blätter gelb marmoriert. Der Chlorophyllkörper zerfällt und läfst ölartig aussehende gelbe Tropfen zurück. Während dieser Vorgang in den oberirdischen Teilen der Blätter streifenweise zwischen den Rippen fortschreitet, zeigen sich an den in der Erde befindlichen Blattbasen braune, eingesunkene Stellen, die eine gänzliche Zersetzung des Blattparenchyms einleiten. Eigentliche Erweichung tritt nicht ein, sondern die Zersetzung stellt einen Humifikationsvorgang dar; in den humusartig sauer riechenden Geweben finden sich stets Bakterien, häufig auch Mycelpilze, Anguillen, Milben usw. Die oberirdischen Blattteile trocknen schnell ab und bedecken sich mit schwarzen Tupfen von *Cladosporium* und *Alternaria*.

Trotz des Reichtums an parasitären Organismen ist die Erkrankung doch nicht als parasitär zu bezeichnen, da die ersten Anfangsstadien, nämlich die Braunfärbung der Gefäfse und des dicht anstofsenden Parenchyms, mitten in einem gesunden Gewebe ohne Mitwirkung von Organismen entstehen. Später füllt sich meist eine Anzahl der Gefäfsröhren mit einer trüben, braunen, gummiartig fest werdenden Masse. Letztere Erscheinung ist auch bei anderen Gewächsen, deren Wurzeln durch anhaltende Bodennässe und den dadurch künstlich hervorgerufenen Sauerstoffmangel beschädigt waren, beobachtet worden.

Die Gladiolen vertragen sehr gut eine starke Bodenfeuchtigkeit; aber dieselbe darf nicht von langer Dauer sein. In trocknen Jahren wird vielfach der Fehler begangen, die Zwiebel- und Knollengewächse täglich zu bewässern. Dies ist falsch; man mufs dem übermäfsigen Austrocknen des Bodens durch Bedeckung mit Streumaterial vorbeugen.

k. Kohlensäuremangel.

Trotz des geringen Gehaltes von etwa 0,036—0,040 Volumprozenten, den die aus annähernd 79 Teilen Stickstoff und 21 Teilen Sauerstoff[1]) bestehende Luft an Kohlensäure besitzt, reicht dieselbe doch überall aus, um eine hochgesteigerte Produktion zuzulassen. Wenn dieser wichtige Nährstoff gänzlich fehlt, wie man dies im Experiment durch Aufstellung von Gefäfsen mit Kalilauge unter geschlossenen Glocken beobachten kann, so nützen die übrigen Faktoren des Wachstums in günstigster Zusammensetzung nichts. Corenwinder[2]) sah, dafs Knospen und junge Blätter sich in kohlensäurefreier Luft nicht weiterentwickelten. Bei Boussingault[3]) bildeten sich aus zwei Maiskörnern

---

[1]) Nach den Untersuchungen von Jolly (cit. in Forsch. a. d. Gebiete der Agrikulturphysik 1879, S. 325) schwankt der Sauerstoffgehalt der Luft nicht unbeträchtlich (zwischen 20,53—20,86 %). Der gröfste Sauerstoffgehalt zeigte sich bei herrschendem Polarstrom und der kleinste unter herrschendem Äquatorialstrom.

[2]) Recherches chimiques sur la végétation. Fonctions des feuilles. Compt. rend. t. LXXXII, 1876, Nr. 20, S. 1159.

[3]) Boussingault, Végétation du Mays, commencé dans une atmosphère excempte d'acide carbonique. Compt. rend. t. LXXXII, Nr. 15, S. 788.

junge Pflanzen, deren Trockensubstanz, Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt geringer, deren Stickstoffgehalt ebenso grofs wie in den Samenkörnern war. Wasserstoff und Asche hatten eine geringe Zunahme erfahren. BÖHM[1]) fand bei noch im Wachstum begriffenen, abgeschnittenen Blättern der Feuerbohne, welche durch Dunkelheit entstärkt worden waren, dafs dieselben bei vollem Tageslichte in kohlensäurehaltiger Atmosphäre nicht nur Wurzeln aus den Blattstielen bildeten, sondern sich auch im Querdurchmesser vergröfserten, selbst wenn sie blofs mit destilliertem Wasser begossen waren. Dagegen zeigten die in destilliertem Wasser gezogenen, unter dem Einflufs des vollen Tageslichtes unter Glasglocken stehenden, aber über Kalilauge befindlichen Keimpflanzen der Feuerbohne nur eine Längenzunahme bis 10 cm, und dann verschrumpften die Stengel unterhalb der in der Regel ganz stärkefreien Primordialblätter. Keimpflanzen von Feuerbohnen, die in humusreicher Gartenerde gezogen, aber durch schwache Beleuchtung ihrer Stärke bis auf geringe Mengen beraubt worden waren, bildeten bei späterer intensiver Beleuchtung in einer ihrer Kohlensäure beraubten Atmosphäre keine neue Stärke und gingen zugrunde. Es nützten ihnen also die Kohlensäure im Boden und die übrigen günstigen Vegetationsbedingungen nichts. GODLEWSKI[2]) sah die Stärke auch in den dem vollen Tageslichte ausgesetzten Pflanzen verschwinden, wenn denselben die Kohlensäure der Luft genommen wurde.

Einen weiteren Einblick in den Wachstumsmodus der Pflanzen, denen die Kohlensäure der Luft entzogen, geben meine eigenen Versuche[3]). Junge Kohlpflänzchen, in 0,5 % Nährstofflösung, wurden teils unter Glasglocken mit Kalilauge, teils unter solche ohne Kalilauge gebracht und ein Rest frei zwischen den Glasglocken belassen. Die Ernte nach zehn Tagen ergab:

	Freistehende Pflanze				Kaliglocke		Kalilose Glocke		
Pflanze Nr.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Frischgewicht der Wurzel u. Stengel	0,457	0,367	0,414	0,470	0,175	0,2305	0,297	0,313	0,232
Frischgewicht der Blätter	1,598	1,494	1,564	1,682	0,765	1,011	1,736	1,712	1,850
Oberfläche der Blätter in qcm .	50,6	47,5	50,1	47,3	25,4	26,6	50,4	54,1	37,1
Gesamttrockensubstanz . . .	0,2755	0,2510	0,2685	0,2760	0,0760	0,0985	0,1705	0,1740	0,1765
Prozentsatz des Frischgewichtes an Trockensubstanz	13,4%	13,5	13,5	12,8	8,4	7,9	8,1	8,6	8,4
Gesamtverdunstung in g	69,3	74,4	82,5	75,0	27,4	34,4	43,1	40,4	43,3
Verdunstung pro g Trockensubstanz	251,5	296,4	307,2	271,7	360,6	349,2	252,8	232,2	245,3

Die Tabelle zeigt, dafs die Produktion an Frisch- und Trockensubstanz in der Kaliglocke am geringsten war. Je nach der Menge von neu produzierter Trockensubstanz ist die absolute Verdunstungs-

---

[1]) BÖHM in Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1876, cit. Bot. Zeit. 1876, S. 808.

[2]) Bibliographische Berichte über die Publikationen der Akademie der Wissenschaften in Krakau. Heft I, cit. Bot Zeit. 1876, S. 828.

[3]) SORAUER, Studien über Verdunstung. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, Bd. III, Heft 4/5.

gröfse eine mehr oder weniger beträchtliche; am kleinsten ist sie bei den Pflanzen unter der Kaliglocke. Natürlich ist der Einflufs der Glocken, also die in denselben herrschende Luftfeuchtigkeit, in Anschlag zu bringen. Dieser Faktor macht sich gegenüber den freistehenden Exemplaren durch einen geringeren Prozentsatz der Pflanzen an Trockensubstanz, also durch lockeren Bau und längere Blattstiele, bemerkbar.

Vergleicht man blofs die Exemplare der Kaliglocke mit denen der anderen Glocke, so ist das Resultat sicherer. Der Kohlensäuremangel macht sich durch die geringere Gesamtproduktion, namentlich im Blattapparat, am meisten kenntlich; die Oberfläche ist nur etwa halb so grofs. Das Auffallendste ist die Verdunstungsgröfse, die pro Gramm der vorhandenen Trockensubstanz berechnet wird. Diese ist bei den der Kohlensäurezufuhr beraubten Pflanzen am gröfsten; dasselbe zeigt sich bei der Berechnung der Verdunstung pro Quadratzentimeter Fläche von den unter den beiden Glocken gewachsenen Pflanzen. Diese Tatsache ist mit anderen Versuchsergebnissen in Verbindung zu setzen, wonach sich ergibt, dafs die relative Verdunstungsgröfse sich auch bei Pflanzen steigert, die andere Ernährungsmängel zu erdulden haben. Setzt man z. B. Pflanzen aus normaler, zusagender Nährstofflösung in eine solche von zu geringer Konzentration oder in destilliertes Wasser, so steigert sich die relative Verdunstung; ebenso wächst dieselbe bei Sämlingen durch Entfernung der Reservestoffbehälter, der Kotyledonen. Man möchte annehmen, dafs die Pflanze sich zu gröfserem Wassertransport durch die Wurzel, also zu gröfserer einseitiger Arbeitsleistung anstrengen müfste, um den Verlust der Reservestoffe durch vermehrte Aufnahme aus dem Wurzelmedium zu decken.

Für die Praxis ergibt sich aus den vorstehenden Untersuchungen der Wink, zu versuchen, durch vermehrte Kohlensäurezufuhr die Produktion zu heben. Tatsächlich zeigen die Experimente, dafs man mit Vermehrung der Kohlensäure eine viel schnellere Stärkebildung erzielt. Für manche Pflanzen war eine Steigerung bis auf 6—8 % zulässig. Selbstverständlich ist für jede Pflanze und bei derselben für jede andere Kombination der Vegetationsfaktoren ein anderes absolutes Mafs von Kohlensäure nötig, um eine optimale Produktion zu erzielen. Die Wachstumskräftigung durch die Kohlensäurezufuhr äufsert sich in gedrungenerem Wuchs und dickeren Blättern[1]).

Während die bisherigen Versuche sich mit den Folgen des Kohlensäuremangels für die ganze Pflanze beschäftigen, hat Vöchting[2]) das Verhalten einzelner Zweige geprüft, die an der normal wachsenden Pflanze verblieben, aber in eine kohlensäurefreie Atmosphäre eingeführt wurden. Es zeigte sich dabei, wie jeder Zweig und jedes Blatt sich durch eigne Arbeit erhalten müssen und wie ihre Lebenstätigkeit allmählich erlischt, wenn sie durch Kohlensäuremangel an dieser Arbeit verhindert werden. Die Pflanze kann ihre in der kohlensäurefreien Atmosphäre befindlichen Zweige wohl zu weiterem Wachstum bringen, aber die sich entwickelnden Blätter sind fahlgrün und bilden keine

---

[1]) Feodoresco, E., Einflufs der Kohlensäure auf Form und Struktur der Pflanzen. cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1900. S. 137.

[2]) Vöchting, H., Über die Abhängigkeit des Laubblattes von seiner Assimilationstätigkeit. Bot. Zeit. 1891 Nr. 8 u. 9.

Stärke; sie erholen sich auch nicht mehr, wenn der Zweig in normale Luft zurückgebracht wird, sondern gehen nach kurzer Zeit zugrunde. Daraus geht hervor, dafs jedes Blatt seine selbständige Existenz hat und eine Störung derselben nicht durch den Gesamtorganismus ausgeglichen werden kann. Das funktionslos gewordene Organ wird vom Körper abgestofsen.

B. Wasser- und Nährstoffüberschufs.

a. Wasserüberschufs.

Nässe.

Der bei stagnierender Nässe sich einstellenden Vergilbungs- und Zersetzungserscheinungen ist schon bei Besprechung der Nachteile schwerer Böden gedacht worden. Es handelt sich hier nur darum, durch ein Beispiel darauf hinzuweisen, wie der Wasserüberschufs ähnlich wie Wassermangel retardierend auf die Produktion wirkt. So zeigen die Versuche von STAHL-SCHROEDER[1]) mit Hafer in Gefäfsen mit sterilem Dünensande, dem Nährstofflösung zugesetzt worden war, folgendes Resultat.

Es produzierten bei Wassergaben:

% der vollen Wasser-kapazität des Sandes	Körnerzahl	Gewicht von 1000 Körnern g	Stroh- u. Spreugewicht g	Mittlere Länge d. Pflanzen cm	Asche %	Phosphorsäure %	Stickstoff %
35	84	15,5 (berechnet)	6,2	49	?	?	3,752
50	1723	21,6	73,9	102	2,933	1,144	2,915
70	2074	18,5	101,8	140	2,712	1,090	2,501
90	1827	16,3	115,0	157	3,007	1,207	2,407
95	469	11,1 (berechnet)	90,8	162	5,892	1,847	3,444

Es zeigten also nur die Gefäfse mit mittlerem Wassergehalt gute Körnerernten. Bei gröfserem Wassergehalt sinkt die Körnerernte, während der Strohertrag weiter steigt. Bei Wassermangel (35 %) und Wasserüberschufs (95 %) im Sande kamen die Körner überhaupt nicht zur Reife. Je schlechter das Wachstum der Pflanzen, desto gröfser ihr prozentischer Aschengehalt, ihr Phosphorsäure- und Stickstoffreichtum.

Drainzöpfe.

Überall, wo flachstreichende Drains sich durch das Wurzelwerk perennierender Pflanzen hinziehen, kann der Fall eintreten, dafs eine Verstopfung der Drainstränge durch ungewöhnlich üppige Wurzelwucherung sich einstellt. Die peitschenförmig langen, sehr schlanken, verhältnismäfsig dünnen und strangartig aneinander gelegten Wurzeläste bilden auf diese Weise Zöpfe von 10 und mehr Metern Länge und einer Dicke, die durch die Weite der Röhren gegeben ist. Der gefährlichste Baum scheint die Weide zu sein; denn von ihr dürften die meisten Drainzöpfe herrühren; indes mag keine Pflanze von der Beteiligung ganz auszuschliefsen sein, und MAGNUS[2]) fand beispielsweise

[1]) s. Biedermanns Centralbl. f. Agrikulturchem. 1905, Heft 2.
[2]) Sitzungsber. d. Bot. Vereins vom 26. Mai 1876, Bd. XVIII, S. 72.

einmal sehr üppig vegetierend das Rhizom vom Schachtelhalm (*Equisetum palustre L.*) in einem solchen Zopfe. Cohn[1]) erhielt einen Drainzopf, der aus einer 125 cm tief gelegten Röhre stammte und ganz aus den Verzweigungen des Wurzelstockes eines einzigen *Equisetum* bestand, von dem ein 12 m langes Stück freigelegt werden konnte.

Durch die Versuche von Müller-Thurgau, der einzelne Wurzeläste derselben Pflanze teils in Nährlösung, teils in destilliertes Wasser tauchen liefs und in ersterer jedesmal ein stärkeres Wachstum wahrnahm, ist konstatiert, dafs eine lokale Wachstumsteigerung der Wurzel dort angeregt werden kann, wo dieselbe mit Nährstoffen bereicherte Lokalitäten trifft.

Praktisch empfehlenswert erscheint bei wiederholtem Auftreten von Drainzöpfen das sorgfältige Entfernen der gefahrbringenden Gehölze mit ihren Wurzeln, und zwar durch Ausroden und nicht durch Abhauen. Müssen Bäume stehen bleiben, so ist (namentlich bei Doppeldrainage) die Vertiefung der flach (in der Regel zwischen 80—90 cm) gelegenen Stränge auf das Niveau des tiefer (1,5 m) laufenden Strangsystems ratsam.

Ausgewachsenes Getreide.

Bei den nunmehr anzuführenden mit Wasserüberschufs zusammenhängenden Erscheinungen kommt eine Schädigung entweder dadurch zustande, dafs Wasser zu ungeeigneter Zeit von aufsen mechanisch auf die Gewebe einwirkt, oder aber es kann das von der Wurzel aufgenommene Wasser nicht in entsprechender Menge Verwendung und Ableitung finden. Zur ersteren Gruppe gehört das Getreide, das auf dem Felde durch Regen in der Ernte zum Auswachsen veranlafst wird. Der Nachteil ist um so empfindlicher, da das ausgewachsene Samenkorn weder zu Nahrungszwecken, noch auch zur Saat taugliche Verwendung finden kann. Selbstverständlich leidet die Keimfähigkeit bei späterer Verwendung als Saatgut um so mehr, je länger bereits die Körner ausgetrieben hatten. Ehrhardt[2]) fand, dafs die Schwäche und daher die Sterblichkeit der Pflänzchen in dem Mafse zunahm, in dem ihre Entwicklung bereits durch das vorzeitige Auswachsen Fortschritte gemacht hatte. Eingehende Beobachtungen über die Veränderungen des Samenkorns durch das Auswachsen verdanken wir Märcker und Kobus[3]). Ersterer untersuchte Gerste, welche bei der Ernte zur Hälfte ungeschädigt eingebracht worden war, zur anderen Hälfte aber fast 14 Tage lang durchnäfst infolge von Regenwetter stehen geblieben war. Die Unterschiede zeigten sich bei Bestimmung der in Wasser löslichen Bestandteile; denn es betrugen bei

	ausgewachsener	und bei gut eingebrachter Gerste
die lösliche Stärke . .	1,17 %	1,76 %
Dextrin	0,00 „	1,10 „
Dextrose	4,92 „	0,00 „
Maltose	7,32 „	3,12 „
sonstige lösliche Stoffe	5,23 „	5,64 „
	18,64 %	11,62 %

[1]) Verh. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur, 25. Oktober 1883.
[2]) Deutsche landwirtsch. Presse, 1881, Nr. 76.
[3]) Aus Braunschweiger landw. Z., 1882, Nr. 22, cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1883, S. 326.

Wir sehen somit, dafs sich infolge energischer Diastasewirkung aus Stärke und Dextrin eine sehr reichliche Zuckerbildung eingeleitet hatte. Der Gehalt an Stärkemehl war durch das Auswachsen von 64,10 % auf 57,98 % gesunken. Die bedeutende Menge von Diastase würde nun, wenn man die Körner auf Stärke verarbeiten würde, voraussichtlich beim Einweichen weitere Stärkequantitäten in Dextrin und Zucker überführen und empfindliche Fabrikationsverluste veranlassen. Die gröfsten Veränderungen haben aber durch das Auswachsen die stickstoffhaltigen Bestandteile der Körner erlitten. Während nämlich der Ammoniakgehalt unverändert geblieben war (Salpetersäure fand sich in nennenswerter Menge in keiner von beiden Körnersorten vor), hatte das lösliche Eiweifs eine starke, das unlösliche eine etwas weniger grofse Verminderung erfahren. Diese Verminderung erklärt sich durch die relativ aufserordentlich grofse Steigerung des Gehaltes an Amiden. Es war somit bei dem Auswachsen zuerst das lösliche, später auch bereits ein Teil des unlöslichen Eiweifses zur Amidbildung verbraucht worden.

Zu denselben Resultaten kam KOBUS bei der Untersuchung von ausgewachsenem Weizen, dessen Klebergehalt beim Auswachsen eine Verminderung um 20—25 % erfahren hatte. Aus diesem Umstande erklärt sich die bekannte Verringerung der Backfähigkeit eines Mehles von ausgewachsenen Körnern.

Die Keimfähigkeit war in den von MÄRCKER ausgeführten Versuchen von 98 % auf 45 % gesunken.

Man ersieht hieraus, wie sehr sich selbst die gröfsten Kraftanstrengungen belohnen, die eventuell zur trocknen Einbringung der Ernte gemacht werden müssen. Ähnliche Verluste werden auch anderen Feldfrüchten, wie z. B. den Lupinen, Raps, Runkeln drohen. Interessant, aber wirtschaftlich bedeutungslos sind die Fälle, in denen innerhalb der Frucht und äufserlich nicht bemerkbar eine Keimung der Samen stattfindet. Ich sah solche Fälle bei Birne, Apfel, Melone und Kürbis. Andere Beobachter fanden derartige „in der Frucht keimende Samen“ aufser bei Kürbis auch bei Orangen, und zwar sowohl bei solchen Früchten, die sehr lange auf dem Baume geblieben waren, als auch bei solchen, die sich kürzlich erst gefärbt hatten. Weitere auf diesen Gegenstand bezügliche Mitteilungen finden sich in dem Abschnitt über eine durch Trockenheit unterbrochene Keimung.

Das Aufreifsen fleischiger Pflanzenteile.

Die Erscheinung, dafs fleischige Wurzeln, Stengel und Früchte klaffend aufspringen, ist in langen Feuchtigkeitsperioden ein häufiges Vorkommnis. Von Gemüsen leiden besonders Kohlrabi, Mohrrüben und Petersilie. Dafs übermäfsige Wasserzufuhr die Ursache des Aufspringens ist, bewies HALLIER[1]), indem er Petersilienwurzeln in Brunnenwasser hing; nach drei Tagen fand er den ganzen in Wasser befindlichen Teil aufgesprungen. BOUSSINGAULT[2]) beobachtete das Aufreifsen von Kirschen, Mirabellen, Birnen, Wein und Blaubeeren nach Einhängen der Früchte in Wasser; durch Einbetten derselben in nassen Sand erzielte ich die gleichen Erfolge. Von krautartigen Stengeln platzen gern die des Rapses oft kurz vor der Blütezeit. Umstehende Figur

---

[1]) HALLIER, E., Phytopathologie S. 87.
[2]) Vergl. Bot. Jahresbericht 1873 S. 253.



gibt die Veränderung einer Bohne wieder, welche ich zu tief in nassem Sande kultiviert hatte. Im Juli 1882 sah ich in Proskau aufgerissene Kartoffelstengel und Wurzeln von *Beta vulgaris*. Es folgte damals ein sehr regenreicher Juli auf ein trocknes Frühjahr nach geringer Winterfeuchtigkeit. Die Erscheinung war zuerst auf den leichten Bodenstellen und an den bestentwickelten Pflanzen bemerkbar. Ähnliche Fälle sah ich bei Rosen und bei Pflaumensämlingen, die aus dem Sande in Nährstofflösung gebracht worden waren und tiefer in diese eintauchten, als sie früher im Sande gestanden hatten. Die Stammbasis barst bei denjenigen Exemplaren, welche vorher an diesem Teile der Luft ausgesetzt gewesen. Bei dem Aussauern der Saaten auf Feldern, die mit Pferdebohnen, Erbsen, Wicken u. dgl. bestellt sind, ist oberhalb der Stellen, wo die (fauligen) Wurzeln entspringen, bisweilen die Stengelbasis aufgerissen, und man sieht aus der Rifsstelle ein schwammartig lockeres Gewebe hervorbrechen, wie bei der hier abgebildeten Bohne.

Alle diese Erscheinungen haben das gemeinsame Merkmal, dafs sie nur dann eintreten, wenn nach einer gröfseren Periode normaler Entwicklung oder mehr noch nach vorhergegangener Trockenperiode plötzlich ungewöhnliche Wasserzufuhr sich geltend macht. Wenn die Pflanzen vom Beginn ihrer Entwicklung mit Wasser in Berührung sind, passen sie

Fig. 42. Bohnenpflanze, die durch Wasserüberschufs an der Basis aufgeplatzt ist. Rifsstelle vernarbt.

sich diesem Medium an. Derartige Anpassungserscheinungen kann man namentlich bei solchen Arten beobachten, die sowohl im Wasser als auch auf trocknem Lande sich entwickeln können. Als Beispiel dienen die Untersuchungen von LEVAKOFFSKI[1]) an *Epilobium hirsutum*, *Lycopus europaeus* und *Lythrum*. Der Vergleich von Wasser- und Landexemplaren lehrt, dafs bei den Wasserpflanzen zwischen Cambium und Rindenparenchym zwei Reihen farbloser, chlorophyllloser Zellen, die 3—4 mal länger als breit sind, existieren, welche bei den Landexemplaren fehlen. Dieser Unterschied schärft sich um so mehr zu, je ältere Pflanzenteile man miteinander vergleicht. Unterhalb des Wasserspiegels werden diese Zellreihen zu einem dicken, lakunösen Gewebe. Epidermis und Rinde gehen hier bald zugrunde. Die Zellen, welche dieses besondere Gewebe darstellen, bilden sich aus dem Cambium.

Der plötzliche Eintritt von Wasserüberschufs, der das Aufspringen der Pflanzenteile veranlafst, stört das Gleichgewicht in der Ausdehnung der Epidermis bez. der statt dieser bereits vorhandenen Korklage und des fleischigen Parenchymkörpers. Namentlich aber nach vorausgegangener Trockenperiode sind die Elemente der Oberhaut derbwandiger und weniger streckungsfähig geworden und vermögen dem schwellenden Innengewebe nicht schnell genug zu folgen.

Findet das Aufreifsen bei saftigen Organen ohne vorhergegangene Trockenperiode durch langandauernde Wasserzufuhr bei feuchter Umgebung statt, dann sind die Rifsstellen in der Regel dadurch von den Rissen durch Trockenheit verschieden, dafs bei letzteren die Wundfläche verkorkt oder durch neu sich bildende Korklagen sich abschliefst; bei ersteren sieht man dagegen die durch den Rifs blofsgelegten Parenchymzellen dünnwandig bleiben, bisweilen sich schlauchförmig strecken und leicht in Fäulnis übergehen. BOUSSINGAULT fand, dafs die Früchte Zucker an das Wasser abgaben. Diese Abgabe nebst der vermehrten Aufnahme von Wasser mag den wässerigen Geschmack der Früchte nach langem Regenwetter erklären. Einige untergetauchte Blüten liefsen ebenfalls Zucker austreten; dagegen konnte bei Zuckerrüben, Rübsen und den Keimwurzeln von Weizen, Gerste und Mais keine Abgabe von Zucker bemerkt werden, obgleich die Gewebe zuckerreich waren.

Es gibt eine sehr empfehlenswerte Aufbewahrungsmethode für Winteräpfel, nämlich das schichtenweise Einlegen der Früchte in Sand. Wenn man unvorsichtigerweise den Sand zu nafs wählt, verliert ein bisweilen grofser Prozentsatz der Früchte seinen Verkaufswert durch Aufreifsen der Schale.

MÜLLER-THURGAU[2]) machte bei darauf bezüglichen Versuchen ähnliche Erfahrungen. Nach achtmonatiger Lagerung von Äpfeln in Kisten mit Erde fand er die Früchte nafs und teils aufgesprungen, teils mehlig und ihren Säure- und Zuckergehalt stark zurückgegangen. Der Prozentsatz an faulenden Äpfeln war aber geringer als bei den frei im Keller liegenden Früchten.

Soweit das Aufreifsen von Früchten und Gemüsen an der Aufbewahrungsmethode liegt, wird man demselben durch einen trocknen, gut durchlüfteten Lagerungsort abhelfen können. Bei Früchten auf

---

[1]) LEVAKOFFSKI, De l'influence de l'eau sur la croissance de la tige etc. cit. Bot. Zeit. 1875, S. 696.

[2]) Fünfter Jahresb. d. deutsch-schweizerischen Versuchsstation zu Wädensweil. Zürich 1896.

dem Baume, namentlich bei Eierpflaumen, die sehr empfindlich sind, empfiehlt sich bei Eintritt längerer Regenperioden das Abschütteln des Wassers von den Baumkronen.

Schliefslich mufs noch darauf aufmerksam gemacht werden, dafs die Neigung zum Aufspringen auch erblich werden kann. Es liegt eine Beobachtung darüber bei Gurken vor[1]). Bei der Treiberei wählte der Besitzer stets die schönsten Exemplare einer Sorte, die leicht aufplatzte, zur Samengewinnung und mufste bemerken, dafs dieser Übelstand von Jahr zu Jahr reichlicher und früher sich geltend machte. Er bepflanzte nun die Hälfte seines Glashauses mit der bisher benutzten Treibsorte und die andere Hälfte mit einer Freilandsorte. Diese letztere ergab gesunde Früchte bis zum Herbst, während die mit der bisherigen Treibsorte bepflanzte Hälfte von Mitte Mai ab aufgesprungene Früchte zeigte. Solche Wahrnehmungen geben beherzigenswerte Winke für die Auswahl der Samen von Gemüsen, die zum Aufspringen neigen.

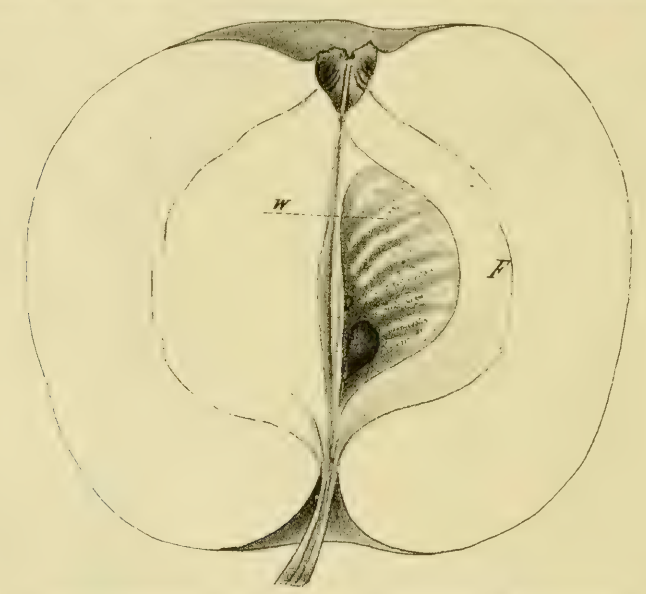


Fig. 43. Aufgeschnittener Apfel, dessen Kernhaus Wollstreifen (*w*) zeigt. *F* der fleischige Teil am Fruchtblatt. (Orig.)

Die Wollstreifen im Apfelkernhaus.

Bei Beschreibungen der Apfelsorten findet sich als Merkmal hier und da der Ausdruck: „Kernhauskammern zerrissen“. Den beigefügten Abbildungen nach soll damit ein Zustand der pergamentnen Fruchtblätter angedeutet werden, bei welchem die Innenwände der Kammern des Kernhauses nicht eine gleichmäfsig glatte und feste, sondern eine von weifswollig erscheinenden, schräg von innen nach aufsen aufsteigenden Streifen durchzogene Fläche darstellen. Die Erscheinung ist häufig und wird für eine normale gehalten, welche Ansicht ich jedoch nicht teilen möchte. Abgesehen davon, dafs unter Umständen bei derselben Sorte

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1899, S. 183.

nicht alle Früchte solche Wollstreifen zeigen, und dafs die verschiedenen Jahrgänge dieselben in verschiedener Häufigkeit entwickeln, ja auch vereinzelt bei Sorten auftreten lassen, welche in der Regel ein glattes Kernhaus zeigen, ist für die abnorme Natur dieser Streifen vorzugsweise der mikroskopische Befund beweisend.

Durchschneidet man nämlich ein Fruchtblatt mit solchen Streifen, wie sie in Fig. 43 bei *w* dargestellt sind, so bietet sich das in Fig. 44 gegebene Bild. In diesem ist die durch *K* bezeichnete Seite die Innenwand des Kernhauses, wogegen *F* die an das Fruchtfleisch grenzende Aufsenseite skizziert. Bei den Apfelsorten mit glatten Kernhauskammern ist die innere Auskleidung derselben lediglich aus Zell-



Fig. 44. Durchbruch des Wuchergewebes eines Wollstreifens durch die pergamentartige Fruchtwand des Apfels. (Orig.)

elementen gebildet, wie sie bei *p* dargestellt sind. Es sind sehr langgestreckte, aufserordentlich dickwandige, von vielen, oft verzweigten Porenkanälen durchzogene, mit Chlorzinkjod gelb werdende Zellen, deren einzelne Schichten einen einander kreuzenden Verlauf zeigen. Infolgedessen weist derselbe Horizontalschnitt neben solchen Zellen, die ihrer ganzen Länge nach kenntlich sind (*p*), auch Streifen von querdurchschnittenen Elementen auf (*q*). Es ist ersichtlich, dafs durch die dichte Lagerung der Zellen einerseits, durch die sehr starke Wandung derselben anderseits eine sehr grofse Festigkeit des Kernhausgewebes erzielt wird, welche noch durch den sich kreuzenden Verlauf der Zellen sich erhöht. Es ist ferner ersichtlich, dafs bei den Früchten mit weiter Kelchhöhle, durch welche ein Hineinwachsen von Pilzen in

das Kernhaus leicht stattfinden kann, diese Fäulnis erzeugenden Pilze eine Grenze ihrer Ausbreitung an den pergamentartig-festen Wänden des Kernhauses finden.

Dieser Schutz des Fleisches gegen eine von innen heraus drohende Fäulnis wird nun durch die Wollstreifen (Fig. 44 *W*) zerstört, denn dieselben bestehen aus einem ganz lockeren Gewebe, das in wuchernder Üppigkeit die feste Wandung unterbricht.

Wir sehen, dafs diese Wollstreifen aus dichten Büscheln fadenartig verlängerter Zellreihen gebildet sind, die durch ihre dünnere Wandung auffallend von der Umgebung abstechen und ganz allmählich in das Gewebe des Fruchtfleisches (*F*) übergehen, während dasselbe sich unterhalb der pergamentartig verbliebenen Kernhausstellen ziemlich scharf und plötzlich von den dickwandigen Zellen *p* abhebt. Nur an der Basis dieser Fadenbüschel erinnern kurze, sklerenchymatische, vereinzelt oder nesterweise beieinander liegende Zellen *sk* an die in der normalen Wand zu findenden Elemente *p*. Obgleich nun diese dünnwandigen Zellreihen sich ihrer Gestalt nach und durch ihre blaue Färbung mit Chlorzinkjod mehr dem Gewebe des Fruchtfleisches nähern, stimmen sie doch nicht ganz mit demselben überein. Der Unterschied besteht nämlich in einer warzenartigen Verdickung der Zellwand *w*, die an den äufseren Zellen des Fadenbüschels am stärksten entwickelt ist, bei den inneren Zellen oft nur schwach angedeutet und bei den sklerenchymatischen Elementen meist gar nicht vorhanden ist. Diese nach aufsen vorspringenden, knopfförmig erscheinenden Zellwandverdickungen zeigen bei Chlorzinkjod-Einwirkung entweder eine mattblaue Färbung, oder bleiben ungefärbt, oder erscheinen auch gelb. Letzterer Fall findet sich am deutlichsten bei den sehr dickwandigen Zellen *sk*, bei denen sich die ganze Membran ebenfalls gelb färbt. Fig. 44 links ist ein stärker vergröfsertes Stück einer Zellreihe des Fadenbüschels; man erkennt hier, dafs die warzenartigen Vorsprünge der Membran, die ich übrigens für Quellungserscheinungen einzelner Punkte einer feinen Zwischenlamelle halten möchte, manchmal gestielte Knöpfchen *kn* darstellen[1]).

Es ist somit anzunehmen, dafs in der Periode des hauptsächlichsten Schwellens der Frucht die Spannung der Gewebe in dem Fruchtblatte durch plötzliche, starke Wasserzufuhr eine so grofse geworden ist, dafs der Verband in der pergamentartigen Gewebelage sich streifenweise lockerte und löste und die nun von dem Druck befreiten, nicht dickwandigen Elemente sich schlauchförmig in die Höhle des Kernhauses hinein verlängerten.

Sorten, welche zur Wollstreifigkeit neigen, werden in feuchten Jahren besonders leicht den Schimmelbildungen bez. Fäulniserscheinungen im Kernhause ausgesetzt sein. Es empfiehlt sich daher, derartige Früchte bald zu verbrauchen.

Die Ringelkrankheit der Hyacinthenzwiebeln.

Die für die Züchter von Hyacinthenzwiebeln bekanntlich sehr gefährliche Krankheit äufsert sich durch Bräunung und Auflösung einer Schuppe mitten zwischen gesunden Zwiebelschalen; die Zersetzung

[1]) Gleichartige oder ähnliche Erscheinungen sind in letzter Zeit von verschiedenen Beobachtern erwähnt worden. Ich fand sie auch an den haarartigen Zellen, welche das Innere hohl gewordener Rübenköpfe auskleiden, in Blattparenchymzellen gelagerter Haferpflanzen usw.

des Gewebes steigt vom Zwiebelhals aus abwärts in den Zwiebelboden. Ist sie dort angelangt, gilt die Zwiebel als verloren. Die Krankheit geht auch oft auf die Brutzwiebeln über. Alle kranken Teile bekleiden sich mit *Penicillium*, das hier tatsächlich parasitären Charakter angenommen hat. Der Grund für die überaus schnelle Ausbreitung des Pilzes ist in der für ihn ungewöhnlich günstig sich gestaltenden Veränderung seines Mutterbodens zu sehen. Es ergaben nämlich die Analysen, dafs die frische, gesunde Substanz der ringelkranken Zwiebeln mehr Zucker besitzt als die der nicht erkrankten Exemplare; erstere gleichen darin den jüngeren Schuppen gegenüber den älteren. Da nun eine Abnahme des Zuckers mit Zunahme der Reife der Zwiebel stattfindet, so wird man aus dem gröfseren Zuckerreichtum auf eine geringere Reife der erkrankenden Zwiebeln schliefsen müssen.

Tatsächlich läfst sich nun nachweisen, dafs die Kulturmethoden unserer Zwiebelzüchter vielfach die Gefahr in sich bergen, unreife Zwiebeln zu ernten. Man wartet einesteils mit dem Herausnehmen der Zwiebeln nicht, bis deren Blätter vollständig im Sommer abgetrocknet sind. Dies gilt in erster Linie überall dort, wo die Hyacinthen als Schmuckpflanzen in Gärten und öffentlichen Anlagen dienen. Dort würde ein Beet mit verblühten Blumen und langsam vergilbenden Blättern einen sehr unangenehmen Anblick bieten. Infolgedessen hebt man die Zwiebeln aus und läfst sie an einem anderen Orte nachreifen. Die damit verbundene hochgradige Verletzung des Wurzelkörpers bringt einen vorzeitigen Stillstand in der Vegetation der Zwiebel hervor. Die Blätter vertrocknen, ehe sie normal ausgelebt haben, und ihre Blattbasen, also die Zwiebelschuppen, bleiben unreif und zuckerreich und sind somit nun der erwünschte Herd zur bequemen Ansiedlung des Schimmelpilzes.

Bei den grofsen feldmäfsigen Handelskulturen kommt die Düngerzufuhr ins Spiel, da man recht kräftige Zwiebeln in möglichst kurzer Zeit erzielen will. Der Dünger verlängert die Vegetationszeit so, dafs manche Sorten zu der festgesetzten Erntezeit ihr Wachstum noch nicht fertig abgeschlossen haben. Die noch grünen Blätter besitzen dann ebenfalls unreife Schuppen, und während der Aufbewahrung der geernteten Zwiebeln auf den „Zwiebelböden" bis zur Zeit des herbstlichen Verkaufs hat das Penicillium Zeit, in die zuckerreich gebliebenen Schuppen sich einzugraben und dieselben zu zerstören. Dafs besonders spätreifende Sorten diesen Übelstand zeigen werden, ist selbstverständlich, und darum sprechen auch die Züchter von „ringelkranken Stämmen".

Die Prüfung der Zwiebeln erfolgt durch flaches Anschneiden der Spitzen (des Halses) während der Ruheperiode. Zeigt der Querschnitt einen braunen Ring zwischen den weifsen Zwiebelschuppen, sollte eine derartige Zwiebel nicht verkauft werden.

Die Heilung ringelkranker Stämme kann dadurch erfolgen, dafs die Zwiebeln in sandigen, nicht frisch gedüngten Boden mit tiefliegendem Grundwasserspiegel gebracht werden, wo sie bei der Nährstoff- und Wasserarmut früh ausreifen können.

Zu erwähnen bleibt noch, dafs man eine dem Habitus nach der eigentlichen Ringelkrankheit sehr ähnliche Erscheinung mit derselben verwechselt hat[1]). Die Ursache dieser letzteren ist in einem Älchen

[1]) Journal de la Soc. nat. et centrale d'Horticulture de France. April 1881. Sorauer, Zur Klärung der Frage über die Ringelkrankheit der Hyacinthen. Wiener illustrierte Gartenzeitung 1882. Aprilheft S. 177.

(*Tylenchus Hyacinthi* Pr.) erkannt worden, das von den Blättern in die Schuppen hinabwandern kann. Bei der Älchenkrankheit aber kommen gallenartige Zellstreckungen, inselartige Korkumwallungen und andere Unterschiede vor, wie wir in der zweiten Auflage unseres Handbuchs ausführlicher besprochen haben.

Rindensprünge.

Schon in der Abbildung der Bohnenpflanze (Fig. 42) bemerken wir, dafs aus dem klaffenden Spalt des aufgeplatzten Stengels eine weiche Gewebemasse hervorgetreten ist. Es sind dies Neubildungen des Rindengewebes, welche als eine Reaktion des Organs auf den Wundreiz und die verminderte Spannung aufzufassen sind. Nun können aber auch Fälle eintreten, bei denen der Sachverhalt umgekehrt ist, nämlich dafs die Gewebevermehrung in der Rinde der primäre und das Aufplatzen der sekundäre Vorgang ist. Eine solche Wachstumszunahme kann auf verschiedenen Ursachen beruhen. Als eine derselben betrachtet Hartig[1]) die Zuwachssteigerung, die durch plötzliche Freistellung von Waldbäumen hervorgerufen wird. Er beschreibt Fälle von Hainbuchen in einem Buchenbestande, wo durch Freistellung der Zuwachs in Brusthöhe von 1,2 qcm Querflächenzuwachs in wenigen Jahren auf 13,7 cm jährlich stieg[2]). Der Korkmantel wurde dadurch an zahlreichen Stellen gesprengt, und die Folge davon war ein Aufreifsen und sogar stellenweises Abheben des Rindenkörpers vom Holzzylinder. Ähnliches fand H. bei Eichen und erklärte dies durch eine infolge der Freistellung eintretende gröfsere Bodentätigkeit und die vermehrte Lichtwirkung. (Unters. Bd. I. 1880 S. 45.)

Derartige Erscheinungen lassen sich auch bei anderen Baumarten namentlich in Garten- und Parkanlagen auffinden.

Rindenabwurf.

Während in dem von Hartig beschriebenen Falle das Reifsen der Rinde durch gesteigerte Vermehrung des normalen Zuwachses erfolgt ist, wurde von mir ein Reifsen und Abwerfen der Rinde infolge abnormer Zellstreckung des Rindenparenchyms beobachtet. Im Jahre 1904 fand ich in einer Ulmenallee eine Reihe nebeneinanderstehender Bäume, an deren Basis eine grofse Menge kleiner oder auch handlanger Rindenschuppen zerstreut lag. Bei genauer Besichtigung fand man am unteren Stammende locker hängende 25—50 cm lange Borkenstreifen, die mit Leichtigkeit abgenommen werden konnten. Der blofsgelegte Stammkörper war mit grünlichen Gewebeinseln bekleidet, die sich als neue Rindenbildungen erwiesen. Die abgelösten Borkenstücke, Fig. 45, zeigten auf ihrer Innenseite flache, hellbraune Polster in unregelmäfsiger Verteilung und von verschiedener Gröfse und Dicke; sie gaben bei ihrer schwammigen Beschaffenheit dem Nageldruck leicht nach. Hier und da bemerkte man dazwischen kraterförmige, härtere, kleinere Erhebungen. Die Oberfläche der Polster war vorherrschend glatt; nur stellenweise war sie rauh und zum Teil wollig durch hervorragende haarartige Ausstülpungen. Der an dem Baume verbliebene Rindenteil

[1]) Hartig, R., Das Zerspringen der Hainbuchenrinde nach plötzlicher Zuwachssteigerung. Untersuch. forstbot. Inst. Bd. III S. 141.

[2]) Lehrbuch der Pflanzenkrankh. 1900, S. 261.

erschien gelbgrün und saftig; er bestand aus Rindenparenchym, das aus einem gesunden Cambium hervorgegangen war.

Die umstehende Figur 46 gibt ein Bild von der zum Abwerfen sich vorbereitenden Rinde. Bei *h* ist der alte Holzkörper, bei *nh* das letztentstandene Neuholz angedeutet; *g* sind Gefäfse, *c* ist Cambium: daran stöfst die normale Jungrinde, die allmählich nach aufsen hin in die gelockerte ältere Rinde übergeht. In Wirklichkeit ist die Ausdehnung des gelockerten Teiles im Verhältnis zu der normalen Jungrinde viel bedeutender, als in der Zeichnung der Raumersparnis wegen angegeben worden ist. In der normalen Innenrinde zeigt sich ein äufserst regelmäfsiger Bau, indem Schichten von lockerem Rindenparenchym regelmäfsig mit flachen Bändern schmaler Zellen (*l*), die wir als „Leistenzellen“ unterscheiden wollen, abwechseln. Es würden diese schmalzelligen Bänder den „Druckleisten“ entsprechen, die wir bei der Lohkrankheit erwähnt haben. Die Zellen, welche diese Leisten bilden, erscheinen im Längsschnitt ebenso lang wie im Querschnitt, nahezu farblos mit eigenartigen weitmaschigen Wandverdickungen, die wie unregelmäfsige Leisten aussehen. Das zwischen je zwei solchen schmalen Bändern von Leistenzellen liegende Parenchym ist verhältnismäfsig grofszellig, locker, stärkereich; in ihm eingelagert sind die grofsen Hartbastbündel (*b*) mit den sie begleitenden Reihen von Kalkoxalatkristallen (*o*) und die Schleimzellen (*sl*).

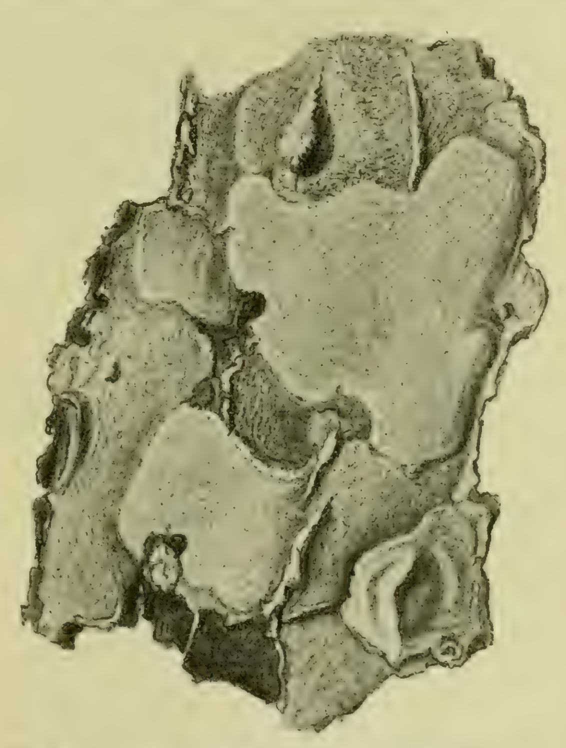


Fig. 45. Innenfläche eines abgestofsenen Borkenstückes einer Ulme mit polsterartig vortretenden Gewebeinseln. (Orig.)

Diese abwechselnden Gewebelagen werden von breiten, verbogenen Markstrahlen (*mst*) gefächert, die auch in der ganz gesunden Rinde schon welligen Verlauf zeigen können, in der kranken sich aber bis zum horizontalen Verlauf oftmals verschieben. Die Ursache der scharfen Verbiegungen ist das Auseinanderweichen der sich schlauchförmig streckenden, zwischen den schmalen Bändern von Leistenzellen liegenden, lange Zeit stärkereichen, chlorophyllführenden Parenchymzellen, welche auch die Hartbastbündel und Oxalatkristallreihen nach aufsenhin drücken. Diese mächtige Lockerungsschicht wird nun gedeckt von einer unregelmäfsig in das Gewebe hineingreifenden, von Füllkork mehrfach begleiteten Tafelkorklage (*t*) und dem von ihr abgeschnittenen, nunmehr verkorkten Rindengewebe der früheren

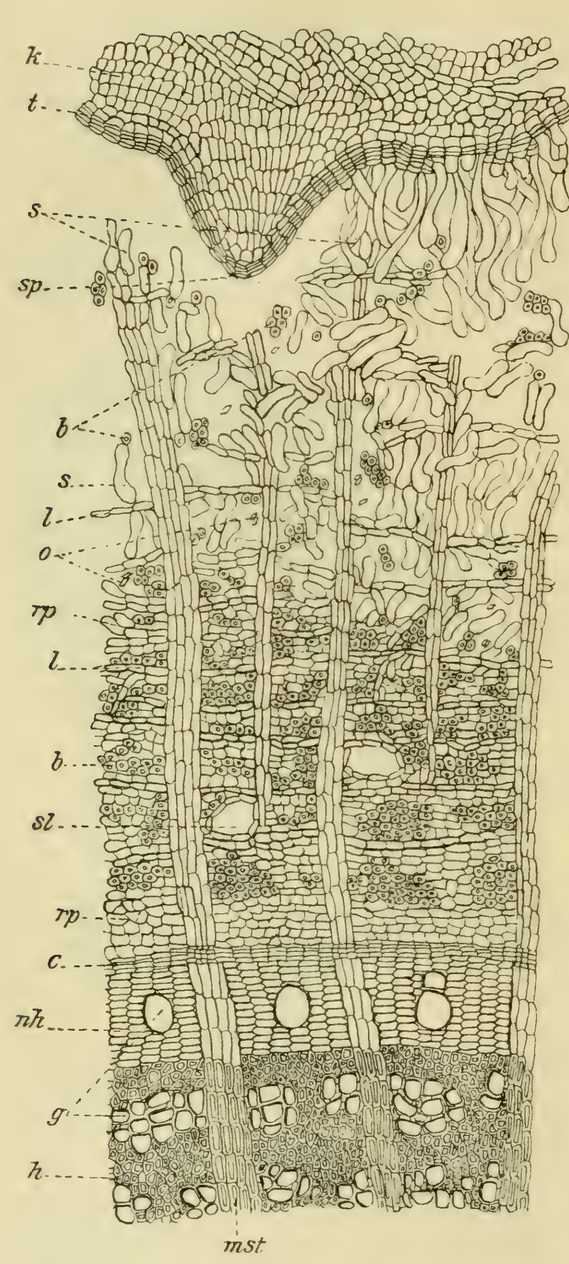


Fig. 46. Ulmenrinde mit Rindenwucherung. (Orig.)

Vegetationsperiode (*k*). Manchmal wölbt sich die Korkschicht in kugelförmiger Gestalt in das schlauchartige Schwammgewebe hinein (*sp*) und bildet die anfangs erwähnten, kraterförmigen, harten Spitzen auf der Innenseite der abgelösten Borkenschuppen.

An der Grenze zwischen dem harten Gewebe der vorjährigen verkorkten Borkenlage und dem weichen, schlauchförmigen Parenchym vollzieht sich der Ablösungsprozefs des Rindenfetzens, und je nachdem noch an der Trennungsfläche schlauchartiges Parenchym mehr oder weniger festhaftet, erscheint die Oberfläche des Trennungspolsters wollig-rauh oder glatt.

Durch die Streckung des Rindenparenchyms unterscheiden sich diese Auftreibungen von der Lohkrankheit, bei der es sich im wesentlichen um Korkwucherungen handelt.

Einen ganz ähnlichen Fall wie von *Ulmus* beschreibt v. Tubeuf[1]) von der Weymouthskiefer; nur konnte, der glatten Rinde entsprechend, ein Abwurf von Borkenschuppen nicht beobachtet werden. Die Kiefer war krank und mit Polstern von *Xanthoria parietina* bedeckt. Unter diesen Flechtenpolstern zeigten sich beulenförmige Auftreibungen, die teilweise aufgerissen erschienen und durch Streckung des Rindengewebes entstanden waren. Die Harzkanäle waren vergröfsert und die tieferen Rindenparenchymzellen schlauchförmig gestreckt und chlorophyllarm.

[1]) v. Tubeuf, Intumescenzenbildung der Baumrinde unter Flechten. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. 1906 S. 60.

Dafs wir in den geschilderten Fällen Wirkungen lokalen Wasserüberschusses zu sehen haben, ist aus der Angabe von v. TUBEUF zu entnehmen, dafs er durch Aufbinden und stetes Feuchthalten von Watte auf einen Zweig ganz ähnliche buckelförmige Auftreibungen erzeugt habe.

Auch bei Wurzeln sind derartige Auftreibungen der Rinde beobachtet worden. Aus der Umgebung von Lindau wurde vor einigen Jahren von einer bedenklichen Krankheit der Weinstöcke berichtet[1]), welche ähnliche Folgen, wie die durch den Wurzelpilz verursachten, hatte, aber nicht parasitär sich erwies. Die unterirdischen Stammteile und die älteren Wurzeln zeigten Längsrisse von 1—3 cm, aus denen anfangs weifse, später schokoladenbraune Schwielen hervorragten. Die in der Nähe derselben befindlichen Seitenwurzeln starben ab. Die Schwielen bestanden aus den in radialer Richtung abnorm verlängerten, kaum mehr zusammenhängenden Zellen des Rindenparenchyms. Mitten unter den erkrankten europäischen Reben fanden sich amerikanische Sorten in bester Gesundheit. Bekanntlich verbrauchen die ungemein üppig wachsenden amerikanischen Reben viel gröfsere Wassermengen.

Derartige Gewebeschwielen sind viel häufiger, als man gewöhnlich annimmt, und kommen auch bei Zierpflanzen vor[2]). Sie sind Reaktionen des Pflanzenteiles auf Wundreize oder innere Gleichgewichtsstörungen in der Wasser- und Nährstoffzufuhr.

Wasserreiser.

Man versteht unter Wasserreisern, Wasserloden oder Räubern ungemein kräftige, mit langen Internodien versehene, senkrecht aufwärts strebende Laubtriebe, die aus alten Ästen oder Stämmen entspringen. Häufig zeichnen sich die mit Flechten überzogenen Stämme durch reichliche Räuberbildung aus. Da die Räuber in die Mitte der Krone hineinwachsen, so erzeugen sie gerade an denjenigen Stellen Holz und zwar unfruchtbares Holz, die man möglichst astfrei haben möchte, damit genügend Licht und Luft dem Innern der Baumkrone zuteil werden könne. Räuber zu entfernen wird aber nicht ratsam erscheinen, wenn die Ursache dieser Bildungen nicht gleichzeitig gehoben wird. Die Ursache wird in manchen Fällen in einem undurchlassenden Untergrunde zu suchen sein. Die Wurzeln des starken Baumes gelangen früher oder später auf diese undurchdringliche Schicht, die sich nicht selten als eine Ader eisenschüssigen, sehr fest verkitteten Sandes erweist. Dadurch wird die Nahrungsaufnahme beschränkt; der Baum macht kurze Triebe, kleinere Blätter, trägt aber dabei noch Früchte. In einem warmen und feuchten Frühjahr, in welchem alle Bäume starke Laubtriebe machen, erscheint die Energie des geschwächten Baumes durch die günstigen Vegetationsbedingungen ebenfalls gesteigert. Der starke Wasserauftrieb veranlafst Adventivknospenbildung oder reizt schlafende Augen und zwar solche, die nicht allzuweit von der Mittellinie des Stammes entfernt sind; denn der Wasserauftrieb und damit die Ernährung ist in der senkrechten Richtung viel energischer als in der geneigten Lage. Dies weifs der Gärtner bekanntlich bei der Spalierzucht zu verwerten, indem er Horizontaläste auf der einen Seite des

[1]) KELLERMANN im Jahresber. d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz. Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1892/93.

[2]) SORAUER, P., Über Rosenkrankheiten. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1898 S. 220.

Stammes, die schwächer sind als die korrespondierenden auf der anderen Seite, ein ganzes Jahr hindurch in eine senkrechtere Lage bringt und dadurch eine viel gröfsere und schnellere Kräftigung und Ausbildung derselben erzielt. Mit der Ausbildung von Wasserschossen richtet sich allmählich eine immer gröfser werdende Ungleichheit in der Ernährung auf Kosten der älteren horizontaleren Zweige ein, welche nun Mangel leiden. Daraus erklärt sich das bei dem Auftreten der Wasserloden beginnende Absterben der Zweigspitzen älterer Seitenäste. Ein Teil des Baumes verhungert bei üppiger Entfaltung eines anderen Teiles.

Wie gesagt, ist bei solcher Störung im Gleichgewicht der Ernährung es kaum geraten, die Wasserreiser zu entfernen; vielmehr wird es vorteilhafter sein, bei älteren Bäumen die Wasserschosse mit wertvollen Sorten zu veredeln und mit der Säge gleichzeitig eine Partie älterer Äste zu entfernen, so dafs der Baum auf diese Weise verjüngt wird. Wenn man an Stellen, deren Untergrund sich ohne grofsen Kostenaufwand nicht öffnen läfst, durch eine Düngung in einiger Entfernung vom Stamme dafür sorgt, dafs der Baum seitlich eine neue kräftige Wurzelentwicklung erlangt, so dürfte für eine längere Reihe von Jahren hindurch dem Übel gesteuert sein. Junge Bäume wird man durch Verpflanzen gänzlich heilen können.

Es mufs übrigens hervorgehoben werden, dafs von selbst die Räuberbildung an vielen Bäumen wieder nach einigen Jahren verschwindet. Dies ist nämlich dort der Fall, wo solche Wasserschosse durch unmäfsiges Zurückschneiden der Baumkronen oder plötzliches Ausputzen der Stämme hervorgelockt worden sind. Namentlich in Baumalleen, an Strafsen mit Telegraphenleitungen, in Baumpflanzungen, durch welche eine Strafse oder Eisenbahnlinie hindurchgezogen worden ist, zeigt sich auf den dem Verkehrswege zugewandten Baumseiten sehr häufig eine starke Entwicklung von Räubern.

In solchen Fällen werden starke Äste an der Strafsenseite oft einfach abgehauen. Da der Wurzelapparat unbehelligt bleibt, so pumpt derselbe bei beginnender Vegetationszeit ebensoviel Wasser in die Höhe wie vor der Verminderung der Baumkrone. Durch die Fortnahme der Äste ist aber ein kleinerer Verbrauchsherd geschaffen, und infolgedessen werden schlafende Augen geweckt und zu so schlanken Trieben ausgebildet, dafs dieselben zu Wasserschossen werden, deren Seitenaugen manchmal noch im Jahre der Entstehung wieder austreiben. Dafs diese verfrühten Triebe keine Basalaugen entwickeln, hat schon Th. Hartig[1]) beobachtet.

Wenn Räuber durch plötzliche Entnahme starker Äste aus der Baumkrone entstehen, dann läfst sich ihre Ausbildung verlangsamen, wenn man durch Schröpfen andere Ableitungsherde schafft. Bei Ausästungsarbeiten im Frühjahr wird Schröpfen sogar die Wasserlodenbildung verhindern können; ebenso dürfte ein Einhauen in einen starken Wurzelast in der Nähe der Stammbasis an der Seite, an welcher die Baumkrone stark ausgedünnt worden ist, den Wasserzuflufs mindern und die Räuberbildung verhüten.

Verbänderung (fasciatio).

Ebenfalls als eine lokale Überernährung ist der Zustand aufzufassen, dafs eine zylindrische Achse breit bandartig wird. Es sieht

---

[1]) Vollständige Naturgeschichte d. forstl. Kulturpflanzen, S. 176.

dann so aus, als ob eine Menge Zweige miteinander verwachsen wäre; indes ist dies nur selten der Fall, sondern fast immer handelt es sich um einen einzigen Zweig, der durch Verbreiterung seines Vegetationspunktes an der Spitze nicht einen Vegetationskegel besitzt, sondern eine kammartige Vegetationsfläche ausbildet[1]).

In der beistehenden Abbildung einer Fichtenfasciation (Fig. 47) erkennen wir die Einheitlichkeit der verbreiterten Achse erstens in der fortlaufenden Spirale der Nadelstellung, namentlich bei *1* und *2* und ferner in den Querschnitten *A* und *B* (Fig. 48), deren Mark- und Holzkörper eine

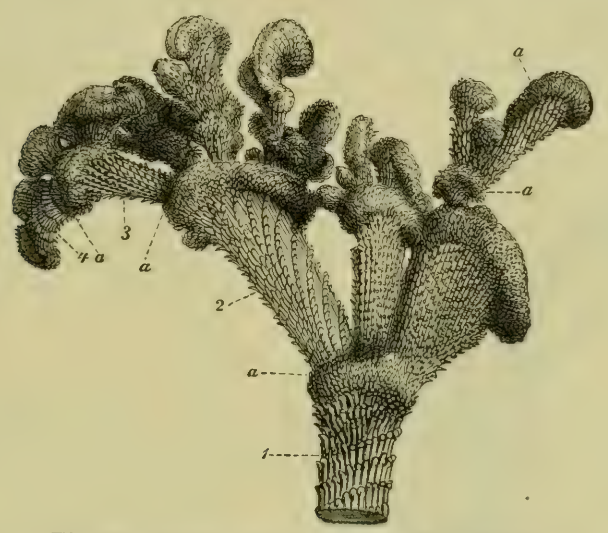


Fig. 47. Verbänderter Ast von *Picea excelsa.*
Der ursprüngliche, bereits bandartige Trieb (*1*) hat in demselben Jahre drei neu auseinander hervorsprossende Etagen (*2*, *3*, *4*) gebildet. *a* Knospenschuppen. (½ nat. Gr. Nach Nobbe.)

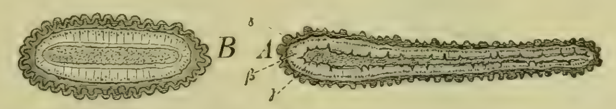


Fig. 48. Querschnitt der verbänderten Fichtenzweige, *A* aus dem oberen, *B* aus dem unteren Zweigteile.
α Rinde mit Blattkissen, *β* Holzkörper, *γ* Mark. (Nat. Gr. Nach Nobbe.)

einzige zusammenhängende, gleichmäfsige Fläche bilden und nicht etwa eine Verschmelzung von vielen nebeneinanderstehenden Einzelringen zeigen, wie dies der Fall sein müfste, wenn eine Verbänderung durch Verwachsung vieler ursprünglich getrennt gewesener Achsen entstanden wäre. Diese Anschauung ändert sich auch nicht bei Betrachtung der Fasciation der Erle (Fig. 49), bei der wir aufser der überall vorkommenden charakteristischen Krummstabbiegung der Zweige infolge einseitiger Wachstumssteigerung auch die bei Laubhölzern häufigere Abspaltung zylindrischer Zweige von dem Bandkörper wahrnehmen können. Es liegt eben im fasciierten Stengel das Material gehäuft für viele Achsen, die sich isolieren können: aber er selbst ist eine Einheit.

---

[1]) Über Pflanzen-Verbänderung. Referat in Bot. Zeit. 1867, S. 232.

Über das Zustandekommen der Verbänderungen, die durch die große Vermehrung ihrer Blätter und Blattspurstränge sich als Hypertrophie kennzeichnen, können wir nur Vermutungen aussprechen. Ursprünglich muß eine Achse, die später verbändert, eine Hemmung erlitten haben. Daß ein Druck von zwei entgegengesetzten Seiten die Achse bandartig machen kann, haben wir bereits früher bei den zwischen Felsspalten eingeklemmten Wurzeln gesehen. Unter Umständen kann eine solche veränderte Wachstumsrichtung anhalten, wenn die Hemmung selbst bereits verschwunden ist. So zitiert Treviranus eine Beobachtung über einen durch Druck an der Mauer bandförmig gewordenen Stengel von *Tecoma radicans*, der noch bandartig blieb, als er weit über die Mauer hinaus gewachsen war. Dabei wurden auch die weiter sich entwickelnden Zweige noch teilweise bandförmig.



Fig. 49. Fasciation von *Alnus glutinosa*. (1/2 nat. Gr. Nach Nobbe).

Außer solchem seitlichen Drucke kann in anderen Fällen auch ein vorübergehender Druck von oben eine Verbreiterung des Vegetationspunktes zu einer Vegetationsfläche wahrscheinlich veranlassen, und ein solcher Druck kann möglicherweise durch abnormes Verhalten der Knospenschuppen (verzögerte Lockerung durch Verharzung, Vertrocknung u. dgl.) schon zustande kommen. Falls nicht abnorme Drucksteigerung vorhanden, können direkte Verletzungen der Vegetationsspitze Veranlassung zur Vermehrung der Vegetationspunkte geben.

Ist die Verbänderung einmal zustande gekommen, kann sie durch Stecklinge fortgepflanzt werden, ja unter Umständen samenbeständig sich erweisen, wie wir dies bei unserer beliebten Gartenpflanze *Celosia cristata*, dem Hahnenkamm, sehen. Die Fähigkeit zur Fasciation ist bei allen Pflanzen vorauszusetzen, und wirklich beobachtete Fälle wurden schon von Masters[1]) in großer Anzahl (150) gemeldet. Wie erwähnt, ist von der eigentlichen Fasciation die fasciierte Verwachsung zu unterscheiden, die durch bandartiges Verkleben isolierter Achsen zustande kommt. Lopriore[2]) hat derartige Fälle bei Wurzeln künstlich hervorgerufen.

[1]) Masters, Vegetable Teratology 1869, S. 20 (vergl. Penzig und die Einzelfälle in den Bot. Jahresberichten).

[2]) Lopriore, G., Die Anatomie bandartiger Wurzeln. cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 1904, S. 226.

Zwangsdrehung (*Spiralismus* Mor.).

Mit obigem Namen bezeichnet A. Braun[1]) diejenigen Stengelmifsbildungen, welche in tonnenförmig aufgeblasenen Stellen bestehen, an denen die Riefen, welche von den Blättern herablaufen und die zu ihnen gehörenden Gefäfsbündel darstellen, eine extreme, spiralige Windung zeigen. Bisweilen ist die tonnenförmige Anschwellung so stark, dafs der Stengel in der Richtung der Spiraldrehung reifst und sich an diesen kranken Stellen in eine Anzahl Spiralbänder spaltet. Von Schimper ist die Wachstumsstörung „Strophomanie" genannt worden. Die meisten Fälle sind aus den Familien der Dipsaceen, Compositen und Rubiaceen bekannt geworden. Einzelne Vorkommnisse werden auch von Labiaten, Scrophulariaceen, Cruciferen und unter den Monokotyledonen von *Asparagus*, *Lilium*, *Orchis*, *Triticum* usw., aufserdem auch von *Equisetum* beschrieben.

Wir glauben, dafs es kein unzutreffendes Bild ist, wenn wir die Zwangsdrehung als eine tonnenförmig aufgeblasene Fasciation ansehen. Wirtschaftliche Bedeutung kommt den Fällen nicht zu.

Von ihnen verschieden ist die verstärkte Spiraldrehung normal gebauter Holzstämme, die wir auf Hemmungen im Längenwachstum (meist infolge von Wasser- und Nährstoffmangel) zurückführen.

Wassersucht (Oedema).

a) Bei Beerenobst.

Seitdem die Anzucht der hochstämmigen Stachel- und Johannisbeeren durch Veredlung auf kräftige Triebe von *Ribes aureum* weitere Verbreitung gefunden, haben sich die Klagen über eine Krankheit der Unterlage, welche das Gelingen der Veredlung in Frage stellt, sehr vermehrt.

Diese Krankheit ist von den Züchtern als „Wassersucht" bezeichnet worden; sie besteht in dem Auftreten geschlossener, d. h. von der äufseren Korkschicht bedeckt bleibender oder aber auch aufreifsender Rindenbeulen (Fig. 50 *A*). Die Rindenauftreibungen sind bald nur klein, bald erreichen sie eine Ausdehnung von mehreren Centimetern Länge; sie stehen entweder einseitig am Stamm oder umgeben denselben, miteinander verfliefsend, ringsum. Am häufigsten erscheinen sie an zwei- und mehrjährigem Holze; doch können sie auch sehr intensiv an einjährigen Zweigen auftreten und deren Tod unmittelbar nach sich ziehen, während das ältere Zweigholz zwar kränkelt, aber nicht direkt abstirbt.

Bei dem jetzigen Verfahren der Frühjahrsveredlung von *Ribes* im Hause zeigen sich häufig aufbrechende Beulen unmittelbar unter der Veredlungsstelle, und in solchen Fällen wächst die Veredlung nicht. Aber auch weiter rückwärts von der Veredlungsstelle sind in intensiven Fällen derartige Auftreibungen sowohl am Stamme zwischen je zwei Augen als auch namentlich dicht in der Nähe der Augen bez. der aus ihnen bereits entwickelten Zweige zu finden. Man beobachtet Fälle, in denen am zweijährigen Holze die Basis eines stehen gebliebenen Triebes tonnenförmig geschwollen und an dieser Stelle mit aufgerissenen Rindenfetzen bedeckt ist. Der Zweig oberhalb dieser Stelle ist abgestorben.

---

[1]) Sitzungsberichte naturf. Freunde z. Berlin, cit. Bot. Zeit. 1873, S. 11 u. 30.

Die frische Geschwulst zeigt, sobald die dieselbe deckende Korkhülle, welche die Oberhaut des Zweiges darstellt, entzweigesprengt ist, unter dieser Hülle hervorquellend eine gelbliche, schwammigweiche, callusähnliche Gewebemasse aus schlauchartig verlängerten, sehr inhaltsarmen, wasserreichen Zellen (Fig. 50 *B s*). Es ist die ehemalige normale Rinde, deren Zellen, in den Regionen zwischen je zwei Bastzellgruppen (Fig. 50 *B b*) beginnend, auf Kosten ihres sonst an grünem Farbstoff

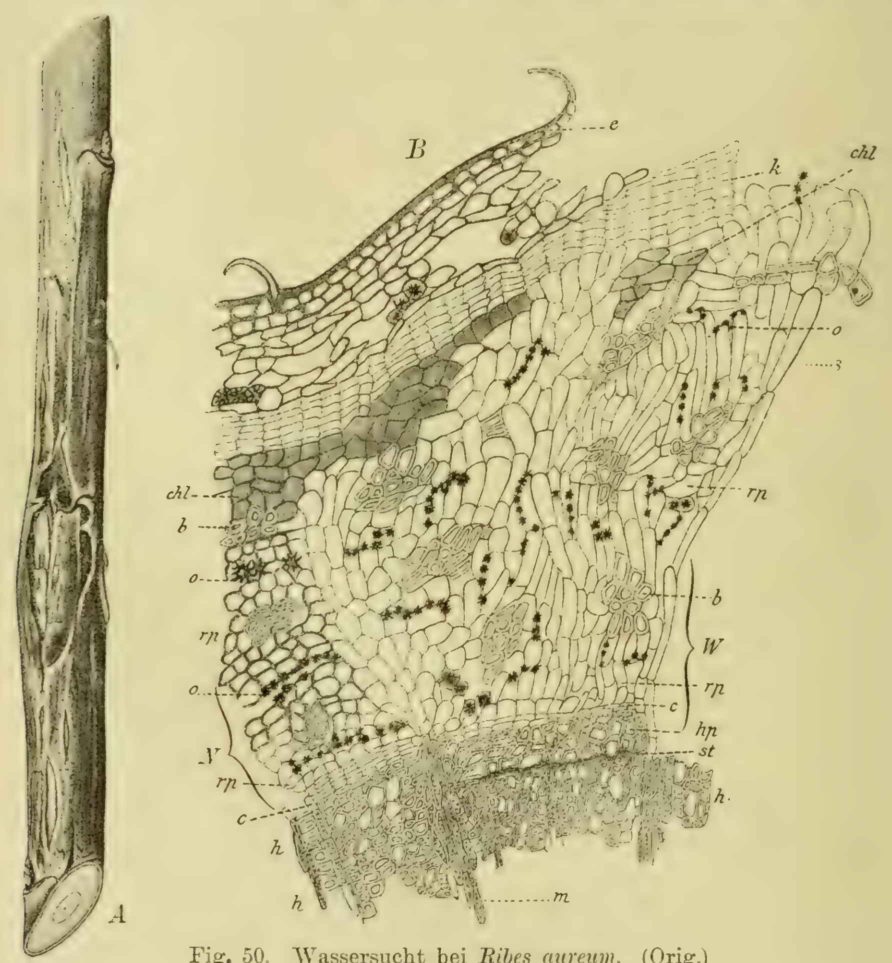


Fig. 50. Wassersucht bei *Ribes aureum*. (Orig.)

reichen Inhalts sich in der Richtung des Stammradius aufserordentlich stark gestreckt haben.. Sie sind zum Teil auseinandergewichen und haben bei ihrem stets zunehmenden Umfang endlich die äufsersten ältesten Rindenlagen (Fig. 50 *B e k*), die an der Veränderung nicht mehr teilgenommen und frühzeitig durch Korkschichten (*k*) von dem darunterliegenden Gewebe abgetrennt worden sind, entzweigesprengt[1]).

[1]) Vergl. Sorauer in „Freihoff's Deutsche Gärtnerzeitung“ 1. August 1880 und Göschke in Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb., Oktober 1880, S. 451

Nicht immer ist die Rinde in ihrem ganzen Querdurchmesser von der schlauchförmigen Streckung ergriffen; in sehr intensiven Fällen aber gewahrt man schon eine Deformation der Zellen in der Cambialregion (*c*). Dann ist auch das Holz nicht mehr normal; an Stelle des bisher gebildeten, aus dickwandigen, langgestreckten Holzzellen und Gefäfsen mit leiterartig durchbrochenen Querwänden bestehenden, normalen Holzes entsteht ein aus kurzen, weiten, verhältnismäfsig dünnwandigen, parenchymatischen Zellen (*h p*) zusammengesetztes Holz. Der Querschnitt (Fig. 50 *B*) stellt den Übergang der gesunden Zweigseite *N* in die wassersüchtige *W* dar; *h* ist das normale Holz. Zur Zeit, als die Lage *st* entstand, machte sich die Krankheit in der Cambiumregion bemerklich, und die Folge davon war, dafs von da ab auf der kranken Seite Parenchymholz *hp* gebildet wurde, welches nach links bei einem Markstrahl *m* abbrach; noch weiter nach links entstand in derselben Zeit normales Holz. Ganz derselbe Unterschied macht sich in dem jüngsten Rindenparenchym *rp* bemerkbar. Durch die grofse, radiale Streckung der Zellen auf der wassersüchtigen Seite *W* werden die Hartbaststränge *b* bogenförmig nach aufsen gedrängt, und demgemäfs sind auch die den Bastkörper begleitenden Zellreihen mit oxalsaurem Kalk *o* in steil ansteigende, unregelmäfsige Reihen verschoben; *chl* sind chlorophyllreich gebliebene Parenchymgruppen. Bei diesem lockeren, wasserreichen Bau des Gewebes, welches die Geschwulst darstellt, ist es erklärlich, dafs es keine lange Dauer hat. An trocknem Standort der Pflanzen und zunehmender Lufttrockenheit bräunt es sich rasch, schrumpft, fällt zusammen und stellt eine mürbe, braune Masse dar, die teils auf dem Holzkörper aufgelagert bleibt, teils den äufseren, bei Trockenheit sich zurückrollenden, klaffend auseinanderweichenden Rindenlappen anhaftet. Solche Stämme erhalten ein brandiges Aussehen und sind von der Kultur am besten ganz auszuschliefsen. Bei der Leichtigkeit, mit der solche Unterlagen auf kräftigem Boden wieder herangezogen werden können, wäre der Verlust durch die Krankheit minder empfindlich, wenn er nicht gerade die Topfexemplare, die veredelt worden sind, beträfe und wenn nicht dadurch die Anzahl der Veredlungen bedeutend verringert würde.

Ich bin nicht der Ansicht, die in der Praxis ausgesprochen wird, dafs eine überreiche Ernährung der Pflanze die Schuld trage, sondern glaube, dafs an einzelnen Stellen der Achse ein Wasserüberschufs sich geltend macht. Wäre hier gleichzeitig eine Anhäufung von plastischem Material, so würde sich dieselbe durch reiche Zellvermehrung vorzugsweise äufsern; das ist aber nicht der Fall. Zählt man die Zellen in derselben Stammhöhe an der gesunden und kranken Seite, dann findet man nur ein unbedeutendes Übergewicht an letzterer. Es handelt sich demnach vorzugsweise hier um eine abnorme Zellstreckung.

Dieselbe erklärt sich durch die Behandlung der *Ribes*-Stämmchen bei der Vorbereitung zur Veredlung. Um schlanke, schnell in die Höhe gehende Stämmchen zu erzielen, mufs man die anderen, seitlich entspringenden Schöfslinge wegnehmen und an den jungen Stämmchen selbst die Seitenzweige zurückschneiden.

Sind nun die Stämmchen gut angewurzelt, werden sie im Warmhause schnell angetrieben und die durch das frühere Zurückschneiden schon spärlich vorhandenen Augen noch dadurch vermindert, dafs man die aus ihnen sich entwickelnden Triebe einstutzt oder gänzlich entfernt. Durch das Abschneiden der Zweige steigert sich die durch den

Wasserdruck emporgetriebene Wassermenge in der Hauptachse und macht sich in einer schlauchförmigen Verlängerung der jüngeren Rindenzellen und der Bildung beulenartiger, schliefslich aufreifsender Auftreibungen geltend.

Direkte Versuche, durch reiches Giefsen und schnelles Antreiben gut bewurzelter Exemplare im Warmhause unter fortgesetztem Stutzen der sich entwickelnden Seitentriebe die Wassersucht hervorzurufen, ergaben mir äufserst günstige Resultate.

Vermeidung des zu schnellen Antreibens der Veredlungsunterlagen und vorsichtiges Einstutzen (nicht gänzliches Entfernen) der hervorbrechenden Triebe werden der Krankheit vorbeugen. Maurer[1]) hat die Verwendung von *Ribes nigrum* statt *R. aureum* als Veredlungsunterlage empfohlen. Aber mir sind auch Fälle von Wucherungen der Achse bei der schwarzen Johannisbeere bekannt geworden, namentlich nach dem Verpflanzen solcher Stöcke, die zur Unfruchtbarkeit neigen.

b) Bei Kernobst.

Es ist vorauszusehen, dafs bei unserer Kulturrichtung ähnliche Erscheinungen wie die bei *Ribes* beobachteten auch an anderen Obstarten auftreten werden. Denn durch die hochgradige Steigerung der Nährstoffzufuhr werden unsere Obstgehölze immer weichlicher: die Masse der parenchymatichen Zweigsubstanz steigt beständig gegenüber den prosenchymatischen Geweben. Zwischen Wildlingen und Edelsorten sind in dieser Beziehung schon bedeutende Differenzen. Direkte Messungen haben mir gezeigt, dafs die Zweige der Kulturvarietäten eine fleischigere Rinde bekommen und der Holzring bedeutend an Dicke abnimmt[2]). Diese zunehmende Neigung unserer Obstbäume, weiche, reservestoffspeichernde, parenchymatische Gewebe auf Kosten der Ausdehnung des Holzringes zu bilden, habe ich als „Parenchymatosis“ bezeichnet.

In besonderen Fällen erreicht diese Bildungsrichtung so extremes Übergewicht, dafs Krankheiten entstehen. Solche beobachtete ich besonders am Fruchtholz der Birnen, das sich zu tonnenförmigen, fleischigen Anschwellungen verkürzen kann, welche die Züchter als „Fruchtkuchen“ bezeichnen. Die krankhaften Störungen bestanden entweder darin, dafs die Korklagen und äufseren Rindenschichten an einer Zweigseite schildartig abgeplatzt waren und eine grünlichgelbe callusartige Gewebemasse zum Vorschein kommen liefsen, oder dafs fast am ganzen Zweigumfang ringförmig, bei ähnlicher Gewebeveränderung, die Rinde in steifen, bröckeligen Schuppen sich abhob. Im letzteren Falle waren alle oberhalb einer derartigen Stelle befindlichen Zweige tot.

Wenn die Erkrankung an dem minder üppig entwickelten Fruchtholz, das als „Fruchtspiefse“ von den Fruchtkuchen unterschieden wird, sich geltend machte, sah man mehrfach eine vollständige Abgliederung dieser Zweigchen, ähnlich der von normalen Zweigabwürfen, wie sie bei den Pappeln alljährlich beobachtet werden. Bei dem vorliegenden abnormen Abwurf der Birne war die Bruchfläche aber nicht glatt, sondern uneben und wollig, dabei aber hellfarbig wie der Querschnitt des gesunden Holzes.

---

[1]) Der Obstgarten 1879, S. 182.

[2]) Sorauer, P., Nachweis der Verweichlichung unserer Obstbäume durch die Kultur. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1892, S. 66.

Der Querschnitt durch eine im Anfangsstadium der Erkrankung befindliche Zweigstelle zeigt, dafs der Rindenkörper einseitig eine starke Entwicklung, vorzugsweise innerhalb der Primärrinde erfahren hat. Sein Parenchym ist dünnwandig, teilweise blasig oder schlauchförmig aufgetrieben und ungemein gelockert.

Ein Vergleich der Markkörper zwischen einem geplatzten und gleichalterigen gesunden Zweige ergibt, dafs ersterer um ein Drittel gröfser als der andere, der Holzring dagegen nur ein Drittel so breit wie bei letzterem ist. Zu diesem Mifsverhältnis gesellen sich noch bedeutende Strukturdifferenzen. Während ein gesunder Trieb die normalen Libriformfasern und ein reichlich entwickeltes Gefäfssystem zeigt, ist der Holzkörper des erkrankten Zweiges fast ausschliefslich aus parenchymatisch dünnen Zellen aufgebaut, zwischen denen die Gefäfsstränge eingelagert sind. Bei normalen Bäumen kann unter Umständen die Schwäche des Holzringes durch sklerenchymatische Elemente in der Rinde ausgeglichen werden [1]).

Die wassersüchtigen Zweige der Birne unterscheiden sich somit von denen bei *Ribes* insofern, als hier der Holzkörper mit in die Parenchymatose hineingezogen und gänzlich gelockert wird. Dadurch, dafs die parenchymatisch gewordenen Holzzellen sich abrunden und aufblähen, werden die Gefäfse allmählich verbogen, verschoben und schliefslich zerrissen. Sobald der Lockerungsprozefs den ganzen Umfang eines Fruchtspiefses oder Fruchtkuchens erfafst, erfolgt die Abgliederung.

Die kranken Zweige stammten von Spalierbäumen aus einem gut bewässerten, mit Kuhdung reichlich versehenen Garten.

Wenn auch derartig extreme Fälle zu den selteneren Vorkommnissen gehören, so sind doch Anfangsstadien, die in Erweiterungen und Wucherungen der Markstrahlen und Streckungsvorgängen bei einzelnen Rindenzellgruppen bestehen, gar vielfach zu beobachtende Erscheinungen.

Geschwulst an Johannisbrot.

Manchmal treten Anschwellungen infolge von Zellstreckung und Zellvermehrung als Korrelationsvorgänge auf. So berichtet beispielsweise Savastano [2]) über Auswüchse an Zweigen von *Ceratonia Siliqua*. Es bilden sich tanninreiche, konische Auftreibungen an der Spitze der Blütenachsen, wodurch die Blüten atrophieren. In einer früheren Arbeit beschreibt Savastano [3]) das Zustandekommen gröfserer Geschwülste am Johannisbrotbaum. An den normal angelegten Fruchtzweigen bemerkt man in solchen Fällen bei Beginn der Krankheit, dafs dieselben die Früchte in den ersten Stadien ihrer Ausbildung abwerfen, und dafs nunmehr der zurückbleibende Basalteil des Achsenkegels anzuschwellen beginnt. Durch Wiederholung dieses Vorganges in den folgenden Jahren entsteht eine knotige Geschwulst, die einen ganz beträchtlichen Umfang und eine Höhe von 6—10 cm erreichen kann. Diese hypertrophierte Spitze des Fruchtzweiges besitzt eine mehrmals dickere Rinde als das normale Fruchtholz, und der Holzkörper besteht aus gefäfslosem Holzparenchym. In der fast markigen Rinde erscheinen

---

[1]) Pieters, A., The influence of Fruit-bearing on the development of mechanical tissue in some Fruit-trees. Ann. of Bot. V. 10. London 1896 S. 511.

[2]) Savastano, L., Tumori nei coni gemmarii del carubo. Boll. d. Società d. Naturalisti in Napoli. 1888. Vol. II, S. 247.

[3]) Savastano, L., Hypertrophie des cônes à bourgeons (maladie de la loupe) du Caroubier. Compt. rend. 12. Janv. 1885.

die Bastfasern weitlumiger und von unordentlichem Verlauf; die Markstrahlen sind gekrümmt, der Holzring mannigfach verbogen. Im Parenchym sind einzelne Zellgruppen mit gefärbten Wandungen und gummosem Inhalt kenntlich. Von Beginn der Krankheit an steigert sich der Gerbstoffgehalt der Geschwulst, wobei eine deutliche Störung des Verholzungsprozesses in die Augen springt.

Hierher gehört auch wahrscheinlich ein Fall, den Vöchting[1]) bei Kohlrabipflanzen beschreibt. Wenn alle Vegetationspunkte entfernt worden waren, schwollen die Blattkissen zu umfangreichen Gebilden an. Im normalen Holzkörper der Achse war, wie in den Blattkissen, das Cambium zur Entwicklung dünnwandiger Xylemelemente angeregt worden. Bei ähnlichen Versuchen mit *Helianthus annuus* sah Verfasser an den Wurzeln kleine Knöllchen entstehen. Ich beobachtete an geknickten Wurzeln von Süfskirschen tonnenförmige Verdickungen.

Auch die Anschwellungen, welche Warburg[2]) bei dem Astkrebs der Kinabäume in feuchten Gründen beschreibt, dürften solche Korrelationserscheinungen darstellen.

Die rückschreitende Metamorphose (Verlaubung).

Wenn die Organe einer morphologisch höheren Entwicklungsstufe in eine niedrigere umgewandelt erscheinen, sprechen wir von einer rückschreitenden Metamorphose. Pathologisch in Betracht kommt nur die Umwandlung der Blütenorgane insofern, als der Sexualapparat durch Veränderung in vegetative Organkreise seiner Bestimmung entzogen und dadurch eine Unfruchtbarkeit eingeleitet wird.

Dafs wir diese Fälle in die Gruppe der durch Wasser- und Nährstoffüberschufs veranlafsten Erscheinungen einreihen, beruht auf folgender Anschauung. Die Ausbildung des pflanzlichen Organismus hängt von zwei Faktoren ab: der Beschaffung des organischen Baumaterials und der Art der Verwendung desselben. Unter der Voraussetzung, dafs die erste Arbeitsleistung des Organismus, die Assimilation, also die Bildung neuer Trockensubstanz, in normaler Weise sich vollzieht, wird die Ausbildung des Pflanzenleibes davon abhängen, nach welcher Richtung hin dieses organische Baumaterial Verwendung findet. Dabei erkennen wir zwei Richtungen, die wir als die vegetative und sexuelle Periode auseinanderhalten. Letztere sehen wir meistenteils sich damit einleiten, dafs der Organismus eine vielfach deutlich erkennbare Ruheperiode in der Produktion seiner vegetativen Apparate eintreten läfst. Neue Blätter werden zu dieser Zeit in der Regel nicht ausgebildet, und das Spitzenwachstum der Zweige ruht. Dafür tritt der Vorgang der Speicherung von Reservebaustoffen in den Vordergrund.

Diesen Speicherungsvorgang sehen wir eingeleitet und begünstigt durch ein Nachlassen in der Wasseraufnahme bei zunehmender Beleuchtung und Erwärmung. Wenn sich Reservestoffe z. B. in der Form von Stärke niederschlagen, gehört dazu eine erhöhte Konzentration des Zellsaftes. Kann eine solche durch irgendwelche Umstände nicht erzielt werden und bleiben die Baustoffe in einer diluierteren Form, z. B. als Zucker, so bedarf es nur eines geringen Anstofses, um die vegetative Tätigkeit wiederzuerwecken. Es herrscht somit ein gewisser

[1]) Vöchting, H., Zur experimentellen Anatomie, cit. Bot. Jahresb. 1902. II. S. 300.

[2]) Warburg, O., Beitrag zur Kenntnis des Krebses der Kinabäume auf Java, cit. Bot. Centralbl. 1888, Bd. XXXVI, S. 145.

Antagonismus zwischen diesen beiden Entwicklungsphasen, die wir als erblich gewordene Anpassungen an die Witterungsverhältnisse auffassen können. Nach einer kühleren, wasserreicheren Zeit, in welcher die Pflanze vorzugsweise die Mineralsubstanzen des Bodens aufnimmt und den Chlorophyllapparat in der Produktion von Blättern zur möglichst reichen Ausbildung gelangen läfst, folgt eine wärmere, trockenere, den gröfsten Lichtreichtum aufweisende Periode, in welcher die Sexualorgane aus dem in den Blättern bereiteten, fertigen, plastischen Baumaterial angelegt und nach kurzer oder längerer Ruhezeit weiter entwickelt werden.

Je mehr die Blätter plastisches Baumaterial erarbeitet haben, desto zahlreicher und vollkommener werden die Sexualorgane innerhalb dieser Ruheperiode angelegt werden. Wie diese Anlagen sich später ausbilden, hängt von der Art ihrer weiteren Ernährung ab. Machen sich Einwirkungen geltend, welche zur Ausbildung vegetativer Organe nötigen, dann entwickeln sich Laubblätter, und zwar entweder aus neu angelegten Herden oder aus den bereits vorhandenen Anlagen der Sexualsphäre. Es tritt „Verlaubung" ein.

Durch die Erfahrungen bei unseren gärtnerischen Züchtungen wissen wir, dafs reiche Nährstoffzufuhr unter gleichzeitiger Steigerung von Wärme und Feuchtigkeit, meist zu Zeiten geringerer Lichtwirkung, diejenigen Bedingungen sind, welche den Verlaubungsvorgang einleiten und begünstigen. Besonders deutlich tritt dies in die Erscheinung bei der Entstehung solcher gefüllten Blumen, deren Staubgefäfse zu Blumenblättern umgewandelt werden.

Da dieser Vorgang, wie alle Änderungen in der Wachstumsrichtung, unter gleichbleibenden Bedingungen erblich werden kann und Accumulationen erfährt, so ist es erklärlich, dafs wir Beispiele finden, in denen die Neigung zum Rückgang der Sexualorgane in morphologisch niedrigere Ausbildungsformen alle Kreise einer Blüte ergriffen hat und damit vollständige Vergrünung eintritt.

Selbstverständlich sind nur selten die Bodeneinflüsse direkt die Ursache einer Verlaubung. Diese wird vielmehr durch bestimmte Kombinationen der gesamten Wachstumsfaktoren eingeleitet, wie wir bereits erwähnt haben, und tritt auch nicht selten als Korrelationserscheinung infolge Unterdrückung anderer Wachstumsvorgänge auf. So entstehen durch Verwundungen der vegetativen Achsen, durch pflanzliche und tierische Eingriffe (Milben) Verlaubungen einzelner Blüten und Blütenstände. Beispielsweise hat C. Kraus[1]) Pflanzen verschiedenen Alters von *Helianthus annuus* fortgesetzt entblättert und nur die Deckblätter der Blütenkörbchen belassen. Bei älteren Pflanzen trat nun frühzeitig ein Zurückkrümmen und Vergröfsern der Deckblätter ein. Von den jüngeren Pflanzen zeigten 25 % eine wirkliche Verlaubung, indem die Deckblätter mehr oder weniger die Gestalt von Laubblättern annahmen.

Die Umwandlung von Knospenschuppen zu krautigen, blattartigen Organen nach Zerstörung des Vegetationskegels durch Frost habe ich bei meinen Erfrierungsversuchen mehrfach beobachtet. Ähnliche

---

[1]) Kraus, C., Untersuchungen über künstliche Herbeiführung der Verlaubung usw. durch abnorme Drucksteigerung. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik. 1880, S. 32.

Resultate erhielt GOEBEL[1]) durch Entlaubung und Entgipfelung junger Pflanzen von *Prunus Padus*, *Aesculus*, *Rosa*, *Syringa* und *Quercus*.

Die Teratologie hat die Vorkommnisse systematisiert. Der einfachste Fall ist die „virescentia", die Grünfärbung, bei der ein Organ der Blütenkreise im wesentlichen seine Gestalt behält, aber eine grüne Färbung annimmt. Mit diesem Auftreten des Chlorophyllfarbstoffs wird in der Regel das Organ fleischiger. Bei der eigentlichen Verlaubung (Phyllodie, Phyllomorphie) nähert sich das Organ auch seiner Gestalt nach dem Laubblatt. Brakteen werden zu normalen Stengelblättern, die Kelchblätter werden durch wirkliche Laubblätter ersetzt. Die Blumenblätter werden grün und fleischig, die Stempel werden zu Staubgefäfsen (Staminodie) oder Staubgefäfse und Stempel nehmen den Charakter von Blumenblättern oder grünen, fleischigen, laubartigen Gebilden an, wie z. B. bei der gefüllten Kirsche, den gefüllten Ranunkeln usw. Bei der Reseda können durch Phyllodie der Ovula kleine beblätterte Achsen in dem urnenförmig offenen Fruchtknoten gebildet werden. Bei den beliebten Knollenbegonien sah ich den Samenträger aus dem Fruchtknoten hervorwachsen und die Ovula auf die blumenblattartig umgebildeten Stempeläste übertreten usw.

Es gibt Fälle, in denen sämtliche Blattkreise einer Blüte zu gleichartig grünen Blättchen umgebildet sind, also vollständige Grünblütigkeit (Chloranthie) entsteht. Eines der schönsten Beispiele dieser Art ist die seinerzeit mit grofsem Enthusiasmus begrüfste grüne Rose (*Rosa chinensis* Jacqu.), deren Umbildungsvorgänge von ČELAKOWSKÝ[2]) eingehend geschildert worden sind.

Selbst die in neuerer Zeit durch vielseitige Studien mehrfach als konstantes Vorkommnis nachgewiesene Parthenogenese möchte ich hier anschliefsen. KIRCHNER[3]) sieht in ihr eine Einrichtung, „welche in einer andersartigen Weise, als es die viel weiter verbreitete spontane Selbstbestäubung tut, dazu dient, um die Ausbildung von keimfähigen Samen in solchen Fällen sicherzustellen, wo aus irgend einem Grunde der Eintritt von Befruchtung ungewifs oder schwierig geworden ist". Man kann eben Samenanlagen von somatischem Charakter annehmen, bei denen zur Zeit der Entstehung des Embryosackes die Reduktionsteilung unterblieb und die Eizelle einen vegetativen Charakter behielt.

Bei den kryptogamen Gewächsen entspricht die Apogamie dem Verlaubungsprozefs der Phanerogamen, indem an Stelle der Geschlechtsprodukte vegetative Keime auftreten wie bei *Athyrium Filix femina* var. *cristatum*, *Aspidium falcatum* und *Pteris cretica*. Bei letzterer Pflanze sollen überhaupt keine weiblichen Geschlechtsorgane mehr gebildet werden, sondern das junge Pflänzchen geht vielmehr durch vegetative Sprossung genau aus denjenigen Stellen am Prothallium hervor, wo die Archegonien stehen müfsten[4]).

Solche „lebendig gebärende" (vivipare) Pflanzen liefern reichlich Materiel zur Vermehrung ebenso wie z. B. die Zwiebeln mancher Liliaceen, die durch Umwandlung einer Blüte entstehen.

---

[1]) GOEBEL, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes. Bot. Zeit. 1880, S. 803.

[2]) ČELAKOWSKÝ, Beiträge zur morphologischen Deutung des Staubgefäfses. Pringsheims Jahrb. 1878, S. 124.

[3]) KIRCHNER, O., Parthenogenesis bei Blütenpflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1904, Bd. XXII. Generalversammlungsheft. Hier auch die betreffende Literatur.

[4]) NOLL in STRASZBURGER's Lehrbuch der Bot. 1894, S. 243.

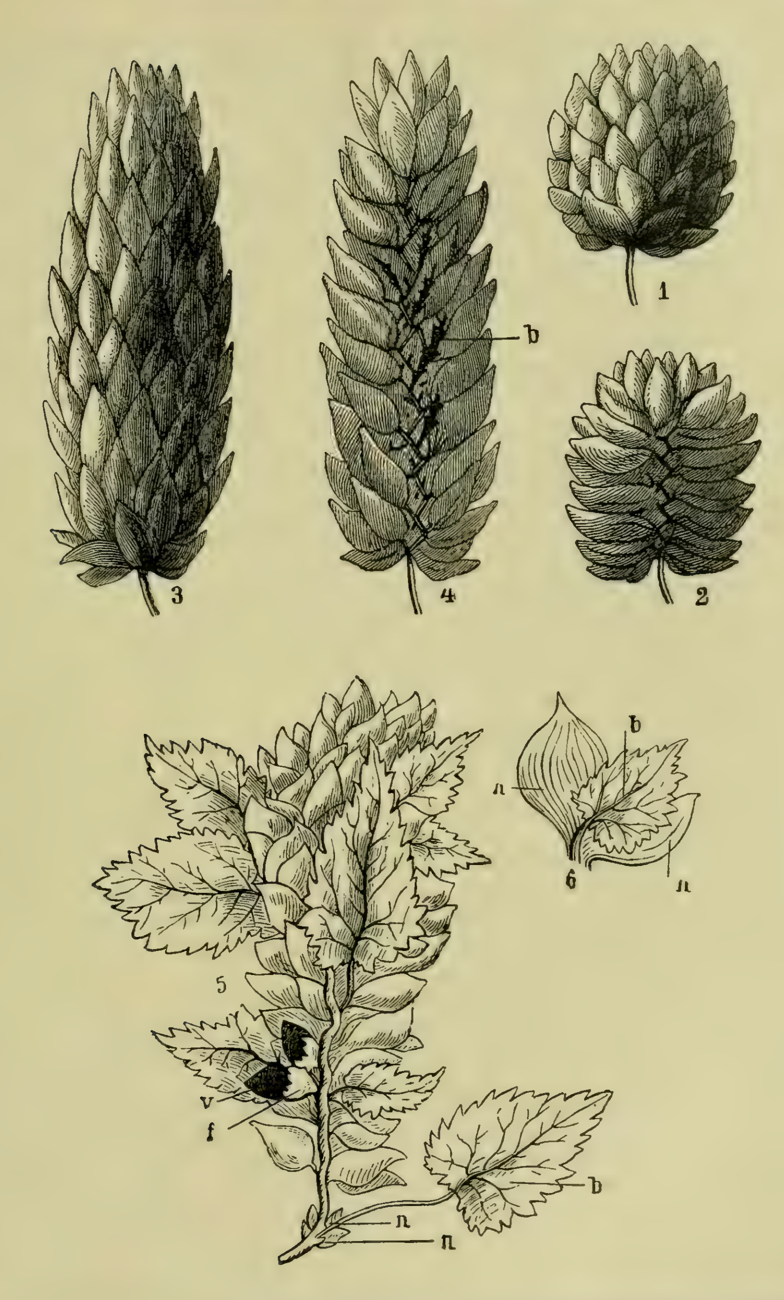


Fig. 51. Verschiedene Übergangsstadien der normalen Hopfenkätzchen in verlaubte.

Die Gelte des Hopfens.

Ein spezieller, für die Kultur hochbedeutungsvoller Vorgang der Verlaubung ist die Gelte, das Blindsein, die Lupel- oder Narrenkopfbildung des Hopfens. Die Namen bezeichnen nur ver-

schiedene Grade einer Mifsbildung, welche mit einer einfachen, abnormen Verlängerung des Hopfenkätzchens anfängt und sich bis zur Bildung flatteriger, dunkelgrüner Fruchtstände entwickelt, aus denen verschieden grofse Laubblätter in wechselnder Zahl hervorbrechen.

Die Hopfenzüchter wissen, dafs in dem Mafse, als das Kätzchen sich verlängert und die Schuppen sich vergröfsern, auch die Qualität des Hopfens sinkt. Die für den technischen Gebrauch vorteilhafteste Ausbildung der Kätzchen ist an eine kurze, gedrungene Gestalt des ganzen Blütenstandes und an kurze, breite, papierartig dünne Beschaffenheit der Schuppen gebunden, wie sie in vorstehender Fig. 51 Nr. *1* und *2* dargestellt sind. Nr. *2* ist halb entblättert, um die kurzgeknickte Spindel des Kätzchens zu zeigen. In Nr. *3* und Nr. *4* ist die abnorme Überverlängerung der Kätzchen dargestellt, die unter der Bezeichnung „brausche Hopfen“ bei den Züchtern bekannt ist und als erstes Stadium einer beginnenden Verlaubung gelten mufs. Solche brausche Hopfen sind grob, weniger gehaltreich, etwas später reifend und in den Schuppen krautiger. Von diesem Zustande ausgehend, steigern sich die Verlaubungserscheinungen bis zu dem Stadium, das in Nr. *5* vorgeführt ist. Die grünen, hier sichtbar gewordenen Laubblätter erlangen bisweilen die Gröfse eines normalen Blattes; *b* ist die Blattfläche, die sich rückwärts in den Blattstiel verfolgen läfst. Am Grunde dieses Blattstiels stehen die zwei grünen Nebenblättchen *n*, *n*, welche im vorstehenden Basalteil des Kätzchens sehr klein sind, aber nach oben hin an Gröfse zunehmen. Nr. *6* stammt aus einer höheren Region des Blütenstandes und zeigt die Nebenblättchen *n n* von der Gröfse der übrigen Schuppen, dagegen den Blattkörper *b* schon viel kleiner. Die anderen Schuppen und Vorblätter sehen wir bei Nr. *5v*; sie umschliefsen je eine Blume *f*.

Die Nebenblätter, welche in der Entwicklung dem übrigen Blattkörper vorauseilen und in dem normalen weiblichen Blütenstande des Hopfens allein entwickelt sind, besitzen dieselbe schuppenartige Beschaffenheit wie die Vorblätter, so dafs das ganze Kätzchen aus gleichmäfsig gebildeten Schuppen zusammengesetzt erscheint; alle Schuppen sind kurzlebig und werden bald trockenhäutig, wobei sie fest dachziegelartig aufeinander gelagert bleiben.

Die Gelte besteht also in der Ausbildung der sonst unterdrückten Blattfläche zwischen je zwei schuppenförmigen Nebenblättern. Eine vielseitige Erfahrung lehrt nun [1]), dafs die feuchten Jahrgänge in stark mit stickstoffhaltigen Substanzen gedüngten Böden es sind, welche das Auftreten der Gelte in gröfserer Ausdehnung bedingen. Häufige Sommerregen, welche trübe Tage im Gefolge haben, schädigen manchmal auch, ohne die Gelte gerade zu erzeugen. Es strecken sich dann die Zellen des Laubkörpers sowohl als der Achse, und selbst, wenn eine günstige Erntewitterung eintritt, reifen die Kätzchen nur oberflächlich ab; sie gelangen mit viel mehr Vegetationswasser in die Aufbewahrungsräume und bedingen dadurch ein sehr schnelles Erhitzen des ganzen Haufens. Infolgedessen tritt selbst bei den gut entwickelten Kätzchen ein schneller Verlust des eigentümlichen Glanzes und der lichtgrünen Färbung und damit eine wesentliche Entwertung des ganzen Ernteproduktes ein.

---

[1]) Beobachtungen über die Kultur der Hopfenpflanze. Herausgegeben vom Deutschen Hopfenbauverein, Jahrg. 1879—82.

Als Mittel gegen die Gelte wird die Entfernung oder Lahmlegung der Ursachen zu versuchen sein, falls dieselben in Form von Wasser- oder Stickstoffüberschuſs sich im Boden vorfinden. Ist die Ursache in trüber, feuchter Luft zu suchen, dann sind alle diejenigen Mittel anzuwenden, welche eine möglichst starke Durchlüftung und Durchleuchtung der Hopfenplantage befördern. Ist Stickstoffüberschuſs im Boden, so empfiehlt sich eine Nachdüngung mit Superphosphat.

Gabelwuchs der Reben.

In einzelnen Lokalitäten läſst sich bemerken, daſs verschiedene Rebsorten die Neigung zu übermäſsiger Verästelung annehmen und erblich behalten. Die Art der Verästelung erscheint in Form von Gabelung der Reben, und solche gabelsüchtigen Stöcke sind meist wenig oder gar nicht fruchtbar, wie Rathay[1]), der die eingehendsten Beobachtungen darüber veröffentlichte, in Nieder-Österreich vielfach gefunden hat. Die dortigen Winzer, welche diese zweigsüchtigen Rebstöcke als „Gabler" oder „Zwiewipfler" bezeichnen, geben an, daſs die Gabelbildung in sehr verschiedenen Lagen sich einstellen kann. Die Stöcke, die meist in gröſserer Anzahl nebeneinander anfangen, diese abnorme Wachstumsrichtung zu zeigen, entwickeln zuerst einzelne gabelige Verzweigungen und stellen auf diese Weise „unechte Gabler" vor, wie sie in üppigen Weinbergen allenthalben anzutreffen sein dürften. Dieses Anfangsstadium der Krankheit ist nicht gefährlich, da häufig die Stöcke wieder zur normalen Produktion zurückkehren. Die Gefahr tritt erst durch die Ausbreitung der Zweigsucht über den ganzen Stock und die damit Hand in Hand gehende Erblichkeit der Erscheinung auf. Die Erblichkeit dokumentiert sich bei Stecklingen und Absenkern gabelsüchtiger Reben.

Eine Ursache dieser Erscheinung ist bis jetzt nicht mit Sicherheit anzugeben. Ráthay überzeugte sich, daſs Parasiten nicht vorhanden sind; die Meinungen der Praktiker gehen weit auseinander. Einzelne glauben, daſs Bodenerschöpfung durch intensiven Weinbau die Ursache sei, während andere meinen, daſs ein Anschwemmen von Erde durch heftige Regengüsse oder die Bearbeitung des Bodens während und kurz nach einem Regen einen verderblichen Einfluſs ausüben.

Meiner Meinung nach ist diese Krankheit eine Vergrünungserscheinung, also ein krankhaftes Überhandnehmen der vegetativen Wachstumsrichtung.

Für diese Auffassung sprechen zunächst die Angaben von Kaserer[2]), daſs die ersten Anzeichen der Krankheit in der Umwandlung der Deckschuppe an der Ranke zu einem kleinen Blatte, der höchste Grad in der Umbildung sämtlicher Ranken zu belaubten Sprossen sich kennzeichnet. Die Ranken beim Weinstock sind Achsenorgane, deren Ausbildung von der Menge und Beschaffenheit des vorhandenen organischen Baumaterials abhängt; bei jüngeren Reben werden sie zum krautartigen Triebe, bei älteren bilden sie sich an den unteren Augen zu Blütenständen aus. Wenn nun alle Ranken zu beblätterten Trieben werden, muſs die vegetative Bildungsrichtung krankhaft überwiegen. Das vor-

[1]) Emerich Ráthay, Über die in Nieder-Österreich als „Gabler" oder Zwiewipfler bekannten Reben. Klosterneuburg 1883.

[2]) Kaserer, H., Über die sogenannte Gablerkrankheit des Weinstocks. Mitteil. d. k. k. chemisch-physiol. Versuchsstation Klosterneuburg 1902, Heft 6.

handene Baumaterial wird falsch verwendet. Diejenige Konzentration des Zellsaftes, welche für die Anlage der Sexualorgane notwendig ist, tritt eben nicht ein. Insofern kann man KRASSER[1]) beipflichten, der von einer Erkrankung des Protoplasmas bestimmter Regionen als Ursache des „Krauterns“ spricht.

Wenn KRASSER unter Berufung auf die Arbeiten von KOBER und von GAUNERSDORFER (1901) betont, es können bei dem „Krautern“, das eben nur ein Verlauben einzelner Knospen darstellt, keine Leitungsstörungen und kein Nährstoffmangel als Ursache angesehen werden, sondern es sei eine ganz lokale Erkrankung der Zellen einzelner Knospen vorhanden, so widerstreitet dies gar nicht unseren Anschauungen über Verlaubung. Es ist selbstverständlich, dafs jede Organanlage unter bestimmten Ernährungsverhältnissen erfolgt. Dafs dieselben beständig wechselnde und das Produkt der augenblicklichen Kombination sämtlicher Wachstumsfaktoren sind, haben wir schon in den einleitenden Kapiteln zu dieser Auflage besonders hervorgehoben. Wir vermögen aber diese Kombinationen noch zu wenig festzustellen. Wir haben eben vorläufig nur einzelne Erfahrungen darüber, dafs z. B. Kali- und Stickstoffüberschufs im Verhältnis zur Verarbeitung der anderen Nährstoffe die vegetative Tätigkeit einseitig auf Kosten der sexuellen Periode steigern. Wasserüberschufs bei verhältnismäfsig geringer Lichtzufuhr kann in ähnlicher Weise die Wachstumsrichtung beeinflussen usw. Wie derartige Gleichgewichtsstörungen für jede einzelne Organanlage zustande kommen, ob augenblickliche Hemmungen in der Nährstoffaufnahme oder -leitung die Veranlassung bilden, können wir nicht präzisieren.

Wir können daher eben nur ganz allgemein aussprechen, dafs die Verlaubungen durch ein Übergewicht der die grünen Blätter hervorrufenden Wachstumsrichtung gegenüber dem die Sexualorgane begünstigenden Wachstumsmodus zustande kommen. Die sogenannten „Wechsler“ oder unechten Gabler sind Stöcke, welche teilweise noch fruchtbar sind. Unter den Umständen, welche die Neigung zur Verlaubung begünstigen können, führt KASERER eine ungünstige Lage an, in welcher Regenwasser aus höher gelegenen Grundstücken sich ansammelt. Gesunde Reben in ein Gablernest gepflanzt, sollen schnell zu gabeln beginnen. Superphosphat scheint die Rückkehr zur Fruchtbarkeit zu vermitteln.

Als empfehlenswertestes Mittel betrachten wir den Ersatz der kranken Stöcke durch gesunde von solchen Sorten, welche reichere Wasserzufuhr und schwerere Böden vertragen. Die sogen. Gablernester wären durch Drainage und Sandzufuhr nebst Beigabe von phosphorsaurem Kalk zu verbessern.

Der Blattfall.

Der Blattfall, diese normale Folge des Alters[2]), erlangt nur dadurch pathologische Bedeutung, dafs er unter Umständen vorzeitig in die Erscheinung treten kann.

Die Ursachen, welche solch vorzeitigen Abwurf der Organe herbeiführen können, sind verschiedenartig, und die entgegengesetzten Witterungsextreme können eine Veranlassung bilden. Demgemäfs

[1]) KRASSER, FRIDOLIN, Über eine eigentümliche Erkrankung der Weinstöcke. II. Jahresb. d. Ver. d. Vertreter d. angewandten Botanik. 1905, S. 73.

[2]) DINGLER, H., Versuche und Gedanken zum herbstlichen Laubfall. Ber. d. Deutschen Bot. Ges. Bd. XXIII (1905), S. 463.

könnten die Erscheinungen auch in anderen Abschnitten des Buches behandelt werden. Indes ziehen wir vor, der Ablösungsvorgänge in ihrer Gesamtheit hier zu gedenken, weil sie mit Gewebeveränderungen verbunden sind, bei denen Turgescenzsteigerungen ausschlagebend eintreten, nachdem die Organe aus irgend einer Ursache funktionsschwach geworden sind. Betreffs der Ablösung der Blätter z. B. unterscheidet WIESNER[1]) einen Sommerlaubfall, Treiblaubfall, Hitzelaubfall und Frostlaubfall. Einen Einblick in die Verschiedenartigkeit der Ursachen gewährt uns PFEFFER[2]): „Eine solche Beschleunigung des Blattfalls wird z. B. durch unzureichende Beleuchtung, aber auch durch ungenügende Wasserversorgung und durch zu hohe Temperatur herbeigeführt. Nicht selten wird aber besonders durch den plötzlichen Wechsel der Aufsenbedingungen ein frühzeitiges Abwerfen der Blätter hervorgerufen, das aus naheliegenden Gründen zuerst die älteren Blätter trifft.“ Als Beispiele für den schädlichen Einflufs eines plötzlichen Wechsels in der Transpirationsgröfse führt PFEFFER den plötzlichen Blattverlust einer Anzahl von Pflanzen an, sobald dieselben aus der feuchten Treibhausluft in ein trockenes Zimmer kommen; in gleicher Weise können schroffe Übergänge der Temperatur, der Beleuchtung usw. wirken.

Die anatomischen Vorgänge bei den normalen Abgliederungsprozessen sind von v. MOHL[3]) sehr eingehend studiert worden.

Bei den Blättern erfolgt eine Abgliederung dadurch, dafs sich an der Basis des Blattstiels, in der Regel noch innerhalb des Blattkissens, und zwar meist dort, wo der Kork der Rinde in die Epidermis des Blattstiels übergeht, im Innern des Blattstielgewebes durch neu auftretende Zellteilung eine quer durchgehende Parenchymschicht ausbildet, deren Zellen in einer Ebene voneinanderweichen.

v. MOHL nennt die Zone, in welcher sich die Trennungsschicht bildet, die „rundzellige Schicht“, weil sie aus sehr kurzem, parenchymartigem Gewebe besteht, das nach dem Blattkörper hin allmählich in die langgestreckten Zellen des Blattstiels übergeht, nach der Rinde des Zweiges hin aber scharf abgegrenzt ist.

In sehr vielen Fällen ist die grüne, chlorophyll- und stärkereiche Rinde des Zweiges von diesem kurzen, meist stärkelosen, chlorophyllarmen, an der Basis zur Zeit des Blattfalls sich bräunenden Parenchym der rundzelligen Schicht des Blattkissens durch eine aus tafelförmigen Zellen gebildete Korklage getrennt. Diese Korkplatte, welche an den Seiten in die inneren Korkschichten der Zweigrinde übergeht, ist von SCHACHT[4]) als die Ursache der Abgliederung der Blätter angesehen worden. In der Tat kann man vermuten, dafs, wenn sich eine Korkplatte zwischen das Gewebe der Rinde und das des Blattstiels einschiebt, das Blatt in seiner Nährstoffzufuhr verarmt und allmählich zugrunde geht. Dennoch ist die Korkschicht nicht die Veranlassung zum Blattfall; denn v. MOHL hat gezeigt, dafs sie bei vielen Pflanzen mit abfallendem Laube sich gar nicht bildet. So z. B. ist keine Korkschicht zu finden bei den Farnkräutern mit abfallenden Wedeln (*Poly-*

---

[1]) WIESNER, JUL., Ber. d. Deutschen Bot. Ges. Bd. XXII (1904), S. 64, 316, 501. Bd. XXIII, S. 49.

[2]) PFEFFER, Pflanzenphysiologie. II. Aufl., 2. Bd. (1904), S. 278.

[3]) v. MOHL, Über die anatomischen Veränderungen des Blattgelenkes, welche das Abfallen der Blätter herbeiführen. Bot. Zeit. 1860, Nr. 1 u. 2.

[4]) SCHACHT, Anatomie und Physiologie, II, 136.

podium, Davallia), ferner bei *Gingko biloba*, *Fagus silvatica*, einigen *Quercus*-Arten, *Ulmus campestris*, *Morus alba*, *Fraxinus excelsior*, *Syringa vulgaris*, *Atropa Belladonna*, *Liriodendron tulipifera*, usw. Dagegen bildet sich die Korklage aus bei *Populus canadensis* und *dilatata*, *Alnus glutinosa*, *Juglans nigra*, *Daphne Mezereum*, *Sambucus racemosa*, *Viburnum Lantana*, *Lonicera alpigena*, *Vitis vinifera*, *Ampelopsis quinquefolia*, *Aesculus macrostachya*, *Pavia rubra* und *lutea*, *Acer platanoides*, *Prunus Padus*, *Robinia Pseudacacia*. Die Korkschicht ist also nur als eine Schutzschicht des durch den Blattfall bloſsgelegten Rindengewebes zu betrachten, die sich häufig schon ausbildet, bevor das Blatt abgefallen ist.

Die eigentliche Trennungsschicht bildet sich über der Korklage in dem fast isodiametrischen Parenchym der rundzelligen Schicht und zwar auch noch nicht in dem direkt an den Kork grenzenden, braunwandigen, sondern in dem auf diesen folgenden, hellwandigen, gesunden Teile. Dort zeigt sich kurz vor dem Blattfall eine quer vor dem Auge nach der Auſsenseite des Blattstiels verlaufende Zone jugendlicher, zartwandiger Zellen mit weniger lufthaltigen Intercellularräumen und kleinen, sonst im Blattstielwulste nicht vorkommenden Stärkekörnern. In dieser neugebildeten Gewebezone weichen die Zellen, ohne zu zerreiſsen, lediglich durch Abrundung, wie schon Inmann[1]) beobachtet, auseinander. Ein Teil verbleibt dem abknickenden Blattstiel, ein anderer der Blattnarbe, an welcher er bald vertrocknet. Der Blattfall ist demnach ein v i t a l e r und kein mechanischer Akt. An den Veränderungen, welche das Zellgewebe des Blattstielwulstes erfährt, nehmen die Gefäſsbündel vor dem Abfallen des Blattes gar keinen Anteil. Diese laufen, ohne ihre Organisation zu ändern, ja ohne sich zunächst braun zu färben, durch die rundzellige Schicht und die Korklage hindurch. Der Bruch derselben tritt, nachdem der Riſs durch das parenchymatische Gewebe erfolgt ist, auf rein mechanische Weise ein.

Bei manchen Pflanzen (*Nuphar*, vielen Monokotyledonen, krautartigen Farnkräutern[2]), bei denen keine Korkbildung an der Blattnarbe vorkommt, gehen die äuſseren, vertrockneten Zellschichten der Blattnarbe unmittelbar in das gesunde Rindenparenchym über und werden durch Weiterentwicklung desselben ebenfalls abgestoſsen.

v. Bretfeld[3]) kommt zu dem Resultate, daſs der Ablösungsvorgang der Blattorgane bei den Mono- und Dikotyledonen derselbe ist; nur der Schluſs der Ablösungsfläche ist bei verschiedenen Gattungen ein verschiedener. Ein wesentlicher Unterschied besteht aber in der Zeit der Bildung der Gewebezone, in welcher die Trennungsschicht entsteht. Während bei den Dikotylen der Ablösungsprozeſs das Produkt einer kurz vor dem Abfall eintretenden Lebenstätigkeit ist, zeigt sich dieser Vorgang bei den baumartigen Monokotyledonen, Orchideen und Aroideen als ein, durch Anlage einer bestimmten Schicht v o r b e r e i t e t e r, mit der allgemeinen Gewebedifferenzierung fortschreitender Akt.

Von den durch Wasserüberschuſs veranlaſsten Fällen des Blattabwurfs wären die bei Glashauskulturen vorkommenden Entblätterungen von kraut- oder strauchartigen Begonien, von *Cistus*-Arten, sowie von manchen neuholländischen Myrtaceen und Leguminosen zu nennen. Der Wasserauftrieb wird durch reichliches Begieſsen der Pflanzen zu einer

[1]) Bot. Zeit. 1850, S. 198.
[2]) v. Mohl, Über den Vernarbungsprozeſs bei der Pflanze. Bot. Zeit. 1849, S. 645.
[3]) v. Bretfeld, Über den Ablösungsprozeſs saftiger Pflanzenorgane. Bot. Zeit. 1860, S. 273.

Zeit minimalster Blatttätigkeit übermäfsig gesteigert. Die Bruchflächen der abfallenden Blätter sind bisweilen ganz mehlig durch die gänzlich gelockerten Zellen der Trennungsfläche.

Die Schüttekrankheiten.

Den bedeutsamsten Fall vorzeitigen Blattabwurfs bilden die Schüttekrankheiten. Wir sprechen hier von der Mehrzahl, obwohl man vorzugsweise einen plötzlichen Nadelabfall junger Kiefern als „Schütte" zu bezeichnen pflegt. Es können alle Pflanzen „schütten", welche überhaupt ihren sterbenden Blattapparat abzugliedern imstande sind. Es handelt sich eben nur darum, ob der Blattkörper in seiner Gesamtheit plötzlich funktionsschwach oder funktionslos wird. Nur weil bei der Kiefer der Fall so ungemein häufig und von schweren Folgen begleitet erscheint, hat man die Kiefernschütte speziell oft als „Schütte" angeführt.

Diese Krankheitsform äufsert sich am häufigsten und schwersten an zwei- bis vierjährigen Sämlingen, deren Nadeln im Frühjahr plötzlich braungelb oder braunrot werden und nach kurzer Zeit abfallen. Die gröfsere Verbreitung dieser Erscheinung datiert erst von einer allgemeiner gewordenen Änderung der früheren Kulturmethode der Samenschläge und des Femelbetriebes, an deren Stelle jetzt die Erziehung der Pflanzen in Saatbeeten getreten ist.

Seit dieser Zeit ist beobachtet worden, dafs in den Monaten März bis Mai manchmal binnen wenigen Tagen grofse Flächen von Sämlingspflanzen wie verbrannt aussehen. Dabei aber kann man bemerken, dafs junge Pflanzen unter dem Schutze eines nicht sehr geschlossenen Nadelwaldes oder gemischten Bestandes oder auf von alten Samenbäumen beschirmten Schlägen nicht schütten, während kahle Flächen im Freien oder in geschlossenen Lagen von der Krankheit aufserordentlich heftig heimgesucht werden. Gestutztwurzelige Exemplare leiden mehr als solche mit langen, kräftigen Wurzeln, und Pflanzen auf nassem Boden am intensivsten. Gebirgslagen sind weniger heimgesucht als die Ebene, und die Nordseiten scheinen fast vollständig verschont zu bleiben, während Süd- und Westseiten stark leiden.

Die Krankheit zeigt sich nicht alljährlich, sondern meist nur nach nafskalten, schneearmen Wintern mit abwechselnden scharfen Frösten. Am stärksten schütten die Pflanzen in trocknen Frühjahren, wo März und April durch helle, warme Tage und darauffolgende kalte Nächte ausgezeichnet sind. Manchmal tritt die Erscheinung strich- oder fleckenweise auf. Es wurde ferner beobachtet, dafs Pflanzen, welche durch einen benachbarten Holzbestand u. dgl. vor der Mittagssonne geschützt waren, meist nicht erkrankten. Saatbeete, welche bis über die Zeit der Frühjahrsfröste hinaus bedeckt blieben, schütteten nicht, während nebenan liegende, schutzlose Saaten schütteten. Samenpflanzen, welche zwischen älteren Ballenpflanzen oder zwischen Besenpfriemen aufwuchsen, selbst solche, die unter hohem Grase geschützt standen, erkrankten nicht, während sie da, wo z. B. die Besenpfriemen im Frühjahr herausgehauen waren, von der Schütte befallen wurden.

Alle diese Tatsachen erklärt Ebermayer[1]) ungezwungen durch die

[1]) Ebermayer, Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden usw. Resultate der forstl. Versuchsstat. in Bayern. Aschaffenburg 1873. Bd. I, S. 251.

mehrjährigen Beobachtungen der forstlichen Versuchsstationen, dafs im März und April die Bodentemperatur bis zu 1¼ Meter Tiefe kaum 4° R. beträgt, während die Lufttemperatur im Schatten nicht selten um 15—18° R. höher ist.

Die unmittelbare Folge solcher Temperaturdifferenzen zwischen Luft und Boden ist die, dafs die oberirdischen Pflanzenteile stark verdunsten, während die Wurzeln, durch die Bodenkälte noch in Untätigkeit zurückgehalten, nicht imstande sind, das Bodenwasser aufzunehmen oder doch nicht im gehörigen Mafse aufzunehmen, um den oberirdischen Wasserverlust zu ersetzen. Somit vertrocknen die jungen Kiefern selbst bei reichlicher Bodenfeuchtigkeit.

Je gröfser nun der Unterschied zwischen Boden- und Lufttemperatur im direkten Sonnenlichte, desto häufiger und verheerender die Schütte. Je mehr dagegen Umstände eintreten, welche die Bodentemperatur erhöhen, wie warme Frühjahrsregen, oder die stärkere Abkühlung vorher verhindern, wie lange liegenbleibende Schneemassen oder Streudeckung, desto weniger wird die Krankheit auftreten. Dasselbe wird stattfinden, wenn die Lufttemperatur und die Intensität des Sonnenlichtes vermindert werden, wie z. B. durch häufig bedeckten Himmel, Lage an Nordabhängen, unter dem Schutze von Oberholz, hohen Gräsern oder Sträuchern oder bei künstlicher Beschirmung der Saatbeete während des Tages.

Dafs ältere Pflanzen von der Schütte seltener leiden, erklärt sich einmal aus dem stärker entwickelten Holzkörper, der für alle Pflanzen als Wasserreservoir anzusehen ist, zweitens aus dem reichlicher entwickelten, tiefer gehenden Wurzelkörper, welcher in der gröfseren Anzahl Faserwurzeln mehr Aufnahmeorgane besitzt.

Gegen diese Ansicht hat sich Holzner[1]) mit dem Einwurf gewendet, dafs die Verfärbung bei der Schütte binnen 2—3 Tagen eintritt, während bei einem eigentlichen Vertrocknungsprozefs die Kiefernadeln nur allmählich sich röten. Er hält eine direkte Frostwirkung für die Ursache. Dafs Frost auch eine Veranlassung zur Schütte abgeben kann, ist feststehend. Baudisch[2]) hatte Sämlinge durch Auflegen von Reisig auf 1 m von der Bodenoberfläche entfernte Rahmen geschützt. Die bis dahin gesund gebliebenen Pflanzen litten nach Entfernung des Schutzes durch die Aprilfröste.

Manche Autoren schreiben auch schon den Herbstfrösten einen schädigenden Einflufs zu[3]). Die zurzeit verbreitetste Theorie ist, die Krankheit als eine parasitäre anzusprechen und demgemäfs mit fungiciden Mitteln zu behandeln. Dafs es auch parasitäre Schütten gibt, ist nach den Versuchen von v. Tubeuf[4]) nicht anzuzweifeln (s. Bd. II, S. 268). Nur ist dabei die Tatsache zu berücksichtigen, dafs die Schüttepilze auf Kiefernarten, Tannen, Fichten und Lärchen, an älteren Bäumen häufig vorhanden sind, ohne die spezifischen Erscheinungen der Schütte hervorzurufen; es müssen also bei der so gefürchteten Jugenderkrankung

---

[1]) Holzner, Georg, Die Beobachtungen über die Schütte der Kiefer oder Föhre und die Winterfärbung immergrüner Gewächse. Freising 1877. Hier Literaturnotizen von 145 Arbeiten über die Schütte.

[2]) Centralbl. f. d. ges. Forstwesen VII, 1881, S. 362.

[3]) Alers in Centralbl. f. d. ges. Forstw. 1878, S. 132. Nördlinger ebenda S. 389. Dammes u. a., Jahrbuch d. schles. Forstvereins 1878, S. 40 ff.

[4]) v. Tubeuf, Studien über die Schüttekrankheit der Kiefer. Arb. d. Biolog. Abt. am Kais. Gesundheitsamt. II. Heft. 1901.

noch speziell begünstigende Umstände hinzutreten, ohne welche die Epidemie nicht zustande kommt.

Die sämtlichen als Ursache der Schütte angeführten Faktoren stimmen darin überein, dafs die Nadeln darum fallen, weil sie funktionsschwach geworden oder infolge der winterlichen Ruhe normalerweise es noch sind. Nun beruht aber der Abgliederungsprozefs auf Ausbildung der Trennungsschicht, die eine aktive Lebensäufserung und Turgorsteigerung voraussetzt. Somit ergibt sich ein Antagonismus: Das Blattorgan ist zurzeit aufserstande, als normales Anziehungs- und Verbrauchszentrum zu funktionieren. Nur der Basalteil, die Region der späteren Trennungsschicht, ist vermöge seines anatomischen Baues erregbar und wird zur Ausbildung dieser Schicht vorzeitig angeregt, weil die Turgorsteigerung, die durch zeitige Besonnung im Frühjhar neu eintritt oder von früher noch erhalten ist, keinen Ausgleich findet, indem eben der untätige Laminarteil des Blattes ihm das Wasser nicht abnimmt. Diese Gleichgewichtsstörung in der Turgorverteilung ist die Ursache alles vorzeitigen Blattabwurfs.

Im speziellen Fall der Kiefernschütte glaube ich, dafs die von Ebermayer geschilderten Gegensätze und zwar gerade die schroffen Gegensätze die häufigste Veranlassung für die Schütte darstellen. Nur in der Erklärung weiche ich insofern von ihm ab, als ich statt übermäfsig gesteigerter Nadelverdunstung eben noch die winterliche Untätigkeit, die sich auch in der Beschaffenheit des Chlorophyllkörpers zeigen wird, annehme. Nur die Nadelbasis wird erregt und bildet die Trennungsschicht aus, die, wie wir bei den Blumenblättern erwähnen werden, unter Umständen in äufserst kurzer Zeit entstehen kann. Ich meine, die Nadel verdurstet nicht, sondern wird eben durch die Trennungsschicht aus dem Betriebe ausgeschaltet. Dafs nicht ein Vertrocknen der Nadeln infolge übermäfsig gesteigerter Verdunstung die Veranlassung zu Verfärbung und Nadelfall darstellt, möchte ich aus der absolut geringen Wasserabgabe der Kiefer im Winter entnehmen. Ein Wasserkulturversuch mit einjährigen Sämlingen zeigte mir, dafs eine Kiefer am 17. November ihre Verdunstung einstellte, trotzdem noch Tage mit + 3, 4, 7, 9° C. folgten; sie verdunstete bis zum 22. Dezember nicht ein einziges Gramm Wasser mehr, obgleich die Wurzel in Wasser stand[1]). Es ist also kaum anzunehmen, dafs die Frühjahrstemperatur in einigen Tagen einen grofsen Wasserverlust anregen sollte, zumal die Kiefer eine der am geringsten verdunstenden Baumarten ist[2]).

Da zwar nicht ein Vertrocknen der Nadel, sondern der mangelnde Ausgleich der Wasserzufuhr infolge des schroffen Gegensatzes zwischen der assimilationsschwachen Nadelfläche und ihrer bereits tätigen Basis mir als Ursache der Schütte erscheint, so möchte ich in der Vermeidung solcher schroffen Gegensätze die besten Vorbeugungsmittel sehen. Ich schliefse mich deshalb den Vorschlägen von Ebermayer an, welcher empfiehlt:

A. Erhöhung der Bodentemperatur: 1. durch Verhütung einer zu starken Erkältung während des Winters mit Hilfe von Laub-, Reisig- oder Moosdecken; 2. bei nassem Boden durch Entwässerung; 3. bei

---

[1]) Sorauer, Studien über Verdunstung. Forschungen auf d. Gebiete der Agrikulturphysik, Bd. III, Heft 4/5, S. 10.

[2]) Höhnel, v., a. a. O. Bd. II, S. 411.

festen Bodenarten durch Lockerung und Beimischung humusreicher Erde, wodurch die Luftwärme leichter eindringen kann.

B. Verminderung der scharfen Kontraste durch Beschattung: 1. durch Besteckung der Saatbeete mit Nadelholzzweigen, die auch an warmen Tagen nicht zu entfernen sind; 2. durch Anlage der Saatbeete an Stellen, welche auf der Mittagsseite Schutz durch Holzbestand haben.

„Bei den Kiefern-Verjüngungen im grofsen wird das radikalste Mittel darin bestehen, von der ausgedehnten Kahlhiebwirtschaft wieder mehr zur Schlagwirtschaft zurückzukehren, damit die jungen Pflanzen durch Oberholz (mäfsige Überschirmung) den nötigen Schutz gegen das direkte Sonnenlicht erhalten, aber doch so viel Licht empfangen können, als zu ihrer kräftigen Entwicklung nötig ist. Derselbe Zweck wird erreicht durch die von NO. nach SW. vorrückenden, schmalen Absäumungen, welche gegenwärtig bei den Verjüngungen der Kiefernbestände vielfach in Anwendung kommen. — Bei der Kultivierung ausgedehnter Blöfsen kann die Beschattung auch erzielt werden durch den Vorbau solcher Pflanzen, für deren Gedeihen der betreffende Standort günstig ist, z. B. von Birken usw. oder durch vorausgehende Fichtenpflanzung."

„In solchen Fällen, wo ein Vorbau aus lokalen Gründen nicht angeht, ist die Pflanzung der Saat vorzuziehen (einjährige Pflanzen mit gutem Wurzelsystem scheinen sich dazu am besten zu eignen), immerhin werden aber die beiden ersteren Kulturmethoden weit sicherer zum Ziele führen."

Schliefslich wird noch zu betonen sein, dafs alle Aufmerksamkeit auf Erreichung eines guten Wurzelkörpers zu richten ist; demnach sind zu dichte Saaten, schwerer, ungelockerter Boden, bedeutende Verletzungen bei dem Verpflanzen u. dergl. zu vermeiden.

Eine Schütte bei älteren Bäumen kommt auch vor. Bei Pflanzen, die auf moorigem Boden in Nebellöchern stehen oder in extremen Frostlagen sich befinden, fallen vorzeitig die älteren Nadelbüschel. Aber diese hängen dann schon vergilbend oder vertrocknend im Herbst an den Bäumen und unterscheiden sich dadurch von den spezifisch schüttekranken Sämlingspflanzen. Auf strengen Böden stirbt überhaupt die Kiefer leicht ab[1]).

Der Blattfall bei Zimmerpflanzen.

Zu den Schmerzenskindern bei der Zimmerkultur gehören die Azaleen, weil sie in der Regel plötzlich im Sommer oder Herbst das Laub fallen lassen; die besenartig aussehenden Bäumchen bringen höchstens einige kümmerliche Blumen. Auch hier handelt es sich um plötzlich auftretende schroffe Gegensätze. Entweder werden im Sommer einmal die (meist in Heideerde stehenden) Pflanzen trocken im Ballen, und es erfolgt dann eine sehr reichliche Bewässerung, oder die Pflanzen werden im Herbst zu plötzlich in das warme Zimmer gebracht. In beiden Fällen sind die Blätter funktionsschwach und erhalten nun durch den erhöhten Wasserauftrieb einen Anstofs zu gesteigerter Funktion. Würde der Übergang allmählich erfolgen können, so dafs die untätigen Blattflächen Zeit hätten, durch allgemeine langsame Turgescenzsteigerung ihren normalen Betrieb wieder aufzunehmen, würden dieselben Ver-

[1]) Runnebaum, A., Das Absterben und die Bewirtschaftung der Kiefer im Stangenholzalter usw. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1892, S. 43.

hältnisse schadlos vorübergehen; aber bei der Plötzlichkeit des Wasserauftriebs wird nur die Basalregion erregt und zur Ausbildung der Trennungsschicht veranlaſst.

Bei den Blattbegonien, bei dem Gummibaum, bei Kamellien und vielen anderen Gewächsen stellt sich im Herbst und Winter ein Ablösen der Blätter ein. Hier ist der Blattapparat in der natürlich eingetretenen Vegetationsruhe. Reiches Begieſsen im warmen Zimmer veranlaſst ein Zuströmen von Wasser, das die Blätter nicht zu verarbeiten vermögen.

Hier in Kürze noch einige eigene Erfahrungen. *Begonia fuchsioides*, die den Winter über im sehr warmen Zimmer getrieben hatte, kam Ende März in eine ungeheizte, aber sonnigere Stube und warf binnen wenigen Tagen sämtliche Blätter mit Ausnahme der jüngsten ab. *Libonia floribunda*, die bisher sehr kalt gestanden, kam plötzlich zum Treiben schon im Dezember ins Warmhaus, und die Exemplare warfen alle älteren Blätter, während bei den im Kalthause verbliebenen Pflanzen keine Entblätterung eintrat. Von einer gefüllten, weiſsen Fuchsie waren einzelne Exemplare im Herbst ins Zimmer genommen worden, um frühzeitig Triebe für Stecklinge zu erzielen; andere Exemplare derselben Varietät verblieben im Keller und trieben bis Anfang März. Zu dieser Zeit wurden die Spitzen sämtlicher Pflanzen als Stecklinge in einen Kasten mit 25° Bodenwärme gebracht. Nach wenigen Tagen waren die aus dem Keller stammenden Stecklinge bis auf die Spitze entlaubt, während die anderen noch nicht einmal das Blatt an der Schnittfläche abgestoſsen hatten. Die Spitzen eines wenige Tage später von einer Kellerpflanze abgebrochenen Astes wurden ohne besondere Rücksicht im Keller in Sand gesteckt und zeigten sich im Mai bewurzelt, während die von den Kellerpflanzen kommenden Zweigspitzen im warmen Kasten zugrunde gegangen waren.

Für die Zimmerkultur darf als Grundgesetz empfohlen werden, daſs man die Pflanzen nur allmählich an andere Vegetationsbedingungen gewöhnen soll und die Zeit der Vegetationsruhe, in die jede Pflanze eintritt, nicht durch Steigerung von Wärme- und Wasserzufuhr unterbrechen darf.

Der Ablösungsprozeſs der Blütenorgane

erfolgt in derselben Weise wie der der Laubblätter[1]). Die zusammengesetzte Achse des Blütenstandes bei *Aesculus* und *Pavia* zergliedert sich bekanntlich in ihre einzelnen Teile, die mit glatter Bruchfläche auseinanderweichen; ebenso löst sich oft, wenn viele Früchte angesetzt werden, eine Menge halberwachsener Früchte in einem Gelenke ab, welches sich im Fruchtstielchen befindet. Die männlichen Blumen der Cucurbitaceen lösen sich in einer Trennungsschicht ab, welche sich an der Grenze zwischen Blütenstiel und Blüte bildet und die von *Ricinus communis* in einer Trennungslinie, welche in einem, im unteren Teile des Blütenstieles liegenden Gelenke entsteht. Die unbefruchtet gebliebenen, hermaphroditen Blumen von *Hemerocallis fulva* und *flava* lösen sich in einer Trennungsschicht, die unter der Basis der Blüte durch den oberen Teil des Blütenstiels verläuft. Die Zellen der Trennungsfläche runden sich ab und weichen auseinander.

---

[1]) v. Mohl, H., Über den Ablösungsprozeſs saftiger Pflanzenorgane. Bot. Zeit. 1860, S. 273.

Auf gleiche Weise zeigt sich eine deutlich ausgebildete Trennungsschicht zurzeit des Abfallens bei den Kelchblättern von *Papaver somniferum*, *Liriodendron tulipifera*, bei dem abfallenden Teile des Kelches von *Mirabilis Jalapa*, *Datura Stramonium*, bei den Blumenblättern von *Rosa canina*, *Papaver*, der einblättrigen Blumenkrone von *Lonicera Caprifolium*, *Rhododendron ponticum*, *Datura Stramonium*, bei den Staubfäden von *Lilium bulbiferum* und *Martagon*, *Dictamnus Fraxinella*, *Liriodendron*, bei dem Griffel von *Lonicera Caprifolium*, *Mirabilis Jalapa* und *Lilium Martagon*.

In den meisten Fällen enthalten hier die Zellen der Trennungsschicht keine oder wenigstens nicht mehr Stärke als die Umgebung, während bei den Laubblättern und bei den derben Kelch- und Blumenblättern von *Liriodendron* reichlich Stärke vorhanden ist. Dieses Fehlen der Reservenahrung erklärt sich durch die schnelle Bildung der Trennungsschicht bei den Blüten, für die das augenblicklich bewegliche Nährstoffmaterial ausreicht. Bei den Kelchblättern von *Papaver somniferum* entsteht die Trennungsschicht in einer einzigen Nacht, bei den Blumenblättern nicht gefüllter Rosen in den Nachmittagsstunden. Während bei den Laubblättern in der Trennungsschicht noch eine Zellvermehrung einzutreten scheint, findet diese bei den Blumenblättern wohl kaum statt, sondern es bestehen die hier sichtbaren Vorgänge nur im Auftreten einer reichlicheren Menge von Protoplasma, in Lockerung und gegenseitiger Trennung unter Abrundung und bisweilen schlauchartiger Vergröfserung der Zellen, wodurch die Trennungsfläche das sammetartige Ansehen erhält. Je besser die Organe ernährt werden, desto später tritt die Trennungsschicht auf.

Das Abröhren der Weinblüten.

Unter „Abröhren“ oder „Durchfallen“ verstehen die Weinbauer ein Abfallen der Blüten bald nach der Blütezeit. In einzelnen Gegenden ist die Erscheinung eine jährlich wiederkehrende, während sie in anderen Lokalitäten sich nur in einzelnen Jahren zeigt, wie z. B. in solchen, in denen die Traubenblüte durch nafskalte Witterung gestört wird. Nach den Untersuchungen von Müller-Thurgau[1]) zeigten sich bei niedriger Temperatur zur Blütezeit schon vor dem Abheben der Blütenhülle die Zellen der Narbe in beginnender Bräunung, was auf ein Absterben oder wenigstens eine starke Behinderung des Befruchtungsvorganges hindeutete. Tatsächlich wuchsen die Pollenkörner auf solchen Narben gar nicht oder nur mangelhaft zu Pollenschläuchen aus. Das Abwerfen der Blumenblattkappe ging sehr langsam vor sich oder unterblieb gänzlich. Die Fruchtknoten solcher Blüten blieben zwar noch einige Zeit, manchmal sogar lange stehen, aber vergröfserten sich kaum. Da nun aber nach Müller's Erfahrungen das Ringeln der Reben gröfstenteils hilft, so ist wohl meist nicht die niedrige Temperatur der direkte Grund, dafs sich der Befruchtungsakt und die Ausbildung des Samens gar nicht vollziehen können. Das trübe, kühle Wetter während der Blüte ist besonders günstig für das Wachstum der beblätterten Triebe, welche daher das für die Ausbildung des Blütenstandes vorrätige Material für sich beanspruchen werden, so dafs ein Nährstoffmangel für die Blumen eintritt. Ein solches Verhungern der Blütentraube

[1]) Müller-Thurgau, Über das Abfallen der Rebenblüten und die Entstehung kernloser Traubenbeeren, Der Weinbau, 1883, Nr. 22.

und demzufolge ein mehr oder weniger starkes Abröhren der Blüten wird auch bei günstiger Blütenwitterung eintreten, wenn reiche Stickstoffnahrung im Boden ist oder wenn überhaupt ein jungfräulicher Boden mit reichem Nährstoffvorrat und Wassergehalt zur Weinkultur verwendet wird, wobei die üppige Entwicklung vegetativer Organe die Weiterbildung des Sexualapparates einschränkt.

Tätsächlich liefert MÜLLER Beispiele für diese Fälle und teilt gleichzeitig Erfahrungen mit, dafs bald das Auslassen der Düngung, bald ein langer Schnitt der Reben dem Übel abgeholfen haben.

Denselben Ursachen schreibt MÜLLER auch das Auftreten kernloser Beeren an der Traube zu, welches in der Regel mit einem teilweisen Abröhren Hand in Hand geht. Die kernlosen Beeren sind gröfser als die unbefruchtet gebliebenen, die bisweilen auch bis in den Herbst hinein an der Traube verbleiben; erstere sind aber nicht so grofs, wie die kernhaltigen, normalen Beeren, obwohl sie wie diese sich färben und süfs werden. Ja, es stellte sich heraus, dafs sie früher reiften und süfser wurden wie die Beeren mit ausgebildeten Samenkernen.

Da die Samenanlage in den kernlosen Beeren nicht viel gröfser erscheint, als sie zur Zeit der Blüte bereits gewesen, so mufs man annehmen, dafs in der Blütezeit schon eine Störung stattgefunden hat. Es ist wahrscheinlich, dafs in solchen Fällen die Befruchtung wohl vor sich gegangen ist, dafs aber entweder augenblicklicher Mangel an passendem Ernährungsmaterial oder eine andere Störung die weitere Entwicklung der Eizelle verhindert hat. Der Reiz, den die Befruchtung auf die Fruchtknotenwand ausübt, ist vorhanden, und demgemäfs entwickelt sich auch die Beere; da dieselbe nun nichts von dem ihr zuströmenden Nahrungsmaterial zur Ausbildung der Kerne zu verwenden braucht, so schreitet sie den kernhaltigen Beeren anfangs in der Entwicklung voraus. Dafs der Same als Stoffanziehungszentrum bei seiner Ausbildung funktioniert, beweisen die Wägungen kernloser und kernhaltiger Beeren. MÜLLER-THURGAU fand [1]) das Gewicht des Fruchtfleisches von 100 Beeren bei Riesling:

kernlos	einkernig	zweikernig	normal vierkernig
25,0 g	58,2 g	77,2 g	112 g

Als Beispiele für die Unterschiede in der stofflichen Entwicklung mag hier ein Untersuchungsergebnis von MÜLLER bei Riesling angeführt werden. Es hatten am 25. September 1000 Beeren:

kernlose	ein Gewicht von 208,9 g,	und Zucker 10,63 %,	Säure 18,2 ‰
kernhaltige	„ „ „ 846,0 „	„ „ 9,77 %	„ 24,2 ‰

am 12. Oktober:

kernlose	ein Gewicht von 231,0 g,	und Zucker 14,7 %,	Säure 11,0 ‰
kernhaltige	„ „ „ 898,7 „	„ „ 12,3 %	„ 15,7 ‰

Betreffs des Einflusses des Ringelns lehrte ein Versuch, dafs die nicht geringelten Reben nur unbefruchtete Beeren besafsen, welche

---

[1]) MÜLLER-THURGAU, Einflufs der Kerne auf die Ausbildung des Fruchtfleisches bei Traubenbeeren und Kernobst. II. Jahresbericht d. Versuchsstat. Wädensweil. Zürich 1893. S. 52.

bald abfielen, während diejenigen Tragreben, welche kurz vor der Blüte geringelt waren, verhältnismäfsig lange Trauben mit einer übermäfsig grofsen Zahl kernloser Früchte lieferten, zwischen denen nur vereinzelt normale Beeren sich befanden.

Diese Bildung kernloser Beeren ist für unsere Verhältnisse eine grofse Schädigung, da die vorzeitig reifen Beeren bis zur allgemeinen Weinlese schrumpfen und abfallen oder faulen, also keine Verwendung finden. Wenn dagegen diese Ausartung allgemein wird, läfst sich dieselbe als ein Vorteil bezeichnen. Wahrscheinlich sind unsere Korinthen und Sultanrosinen, bei denen auch Beeren mit Kernen vereinzelt vorkommen, die Produkte solcher Stöcke, an welchen die Kernlosigkeit der Beeren zur Regel geworden ist. Setzholz von Korinthen soll in anderen Gegenden kernhaltige Beeren liefern.

Einen sehr beachtenswerten Rat erteilt Eger[1]), der vielfach Studien über die Individualität bei den einzelnen Weinsorten gemacht hat. Er fand, dafs einzelne Stöcke derselben Sorte die Trauben stets früher zur Reife bringen und manche unter sonst gleichen Bedingungen eine geringere Neigung zum Durchfallen der Blüten zeigen, was namentlich bei Riesling sehr in Betracht kommt. Demgemäfs mufs man in jeder Schule und jedem Weinberg die einzelnen alljährlich durch günstige Entwicklung hervorragend bleibenden Individuen bezeichnen und nur von diesen das Setzholz zur Vermehrung wählen.

Andere Vorgänge zeigen sich bei unseren Steinobstgehölzen während der Treiberei. Wenn das Holz zu viel ausgedünnt wird, d. h. zu viel Laubzweige weggeschnitten werden, um den Blüten und jungen Früchten Licht zu schaffen, dann können Knospen, Blüten und junge Früchte abgestofsen werden. Durch die plötzliche Verminderung der verdunstenden Blattfläche stellt sich ein erhöhter Wurzeldruck für die anderen Organe ein, die die vergröfserte Wassermenge nicht aufnehmen können. Es lockert sich infolgedessen die Trennungsschicht. Das Abwerfen wird natürlich auch durch andere Ursachen eingeleitet werden können[2]).

Das Abstofsen junger Blütentrauben bei den Hyacinthen.

Bei Hyacinthenzwiebeln haben mir mehrfache Einsendungen aus verschiedenen Gärtnereien gezeigt, dafs der Fall einer Ablösung der ganzen noch unentwickelten Blütentraube nicht selten ist. Aus vollkommen gesunden Zwiebeln mit bereits weit entwickeltem, ja häufig übermäfsig gestrecktem Laubkörper läfst sich die noch ziemlich kurze ungefärbte, ebenfalls ganz gesunde Blütentraube herausheben. Bei der sehr üppigen, aus Holland stammenden Sorte Baron van Thuyll fand ich die sonst normal entwickelten Blätter stellenweise gelblich und an diesen Stellen schwach geschwollen, ja hier und da sogar geplatzt. Die Blütentraube war stark, vollkommen gesund, etwa 8 cm lang, mit einem ebenso langen, ganz gesundem Schaft versehen und fast noch vollkommen farblos.

Der Schaft hatte sich vom Zwiebelboden losgelöst; die Zellen desselben erwiesen sich mehr oder weniger schlauchförmig aufgetrieben, und diese Auftreibung liefs sich von der Bruchstelle aus in wechselnde

[1]) Eger, E., Untersuchungen über die Methoden der Schädlingsbekämpfung und über neue Vorschläge zu Kulturmafsregeln für den Weinbau. Berlin. P. Parey. 1905, S. 63.

[2]) The Dropping of the Buds of Peaches. Gard. Chron. XIII, 1893, S. 574.

Tiefe hinein verfolgen. Auch die procambialen Zellen der Gefäſsstränge waren blasig erweitert.

Die Gefäſse an den Bruchflächen waren einfach abgebrochen und besaſsen zunächst ebenso wie die übrige Bruchfläche vollkommen ungefärbte Wandungen.

Der Beginn der Lösung zeigt sich darin, daſs einzelne Zellen im Basalgewebe des Blütenschaftes meist in geringer Entfernung vom Zwiebelboden anfangen, sich abzurunden und vorzuwölben. Gleichzeitig mit der beginnenden Wölbung ist eine Quellung der Membranen dieser Zellen an der Seite erkennbar, an der die Wölbung sich einstellt; es ist eine streifige Mittellamelle der Membranen, welche in Quellung gerät. Auch erfolgt die Quellung nicht in der ganzen Membranschicht gleichmäſsig, sondern an einzelnen Stellen in höherem Grade als an anderen, wodurch der gequollene Membranstreifen einen knotigen, stellenweise Einschnürungen zeigenden Verlauf erhält.

Bemerkenswert erscheint noch an den der Bruchfläche naheliegenden Zellen eine häufig auftretende, perlig unregelmäſsige Beschaffenheit der Auſsenfläche der Zellmembranen. Die halbkugeligen bis zitzenförmigkugeligen Auftreibungen entsprechen denjenigen bei der Wollstreifigkeit der Äpfel und zeigen mit Chlorzinkjod eine rein goldgelbe Färbung, während die übrige Membran intensiv blau wird. Diese Störung stellt sich ein, wenn bei Beginn der Hyacinthentreiberei die Zwiebeln zu früh hohe Wärme und starke Bewässerung erhalten. Die noch nicht in Streckung begriffene Blütentraube kann das durch gesteigerten Wurzeldruck zugeführte Wasser nicht verarbeiten und aufnehmen. Damit kommt ein Wasserüberschuſs an der Basis des Blütenschaftes zustande, dessen Zellen sich strecken und aus ihrem Verbande lösen.

Langsames Antreiben der Hyacinthen dürfte dem Übelstande vorbeugen.

Zweigabsprünge.

Als „Absprünge“ werden diejenigen kleinen Zweige bezeichnet, welche sich durch einen organischen Prozeſs meist samt ihrer ausgebildeten Belaubung von der Mutterachse abgliedern. Die Abgliederung erfolgt vorzugsweise im Herbst; doch liegen auch Beobachtungen von einem Abwerfen von Zweigen im Sommer (Juli) vor, und wir haben gerade ebenso wie bei der Schütte verschiedene Ursachen für dasselbe Phänomen zu berücksichtigen. Nicht alle Gehölze zeigen diese Eigentümlichkeit, und diejenigen, bei denen sie auftritt, werfen nicht alle Jahre[1]) und nicht in allen Exemplaren. Junge, kräftige Bäume zeigen manchmal keine Absprünge, während ältere oder auf magerem Boden stehende Exemplare im Herbst den Boden unter sich mit ihren Zweigen bedecken.

Das bekannteste Beispiel liefern die Pappeln[2]), deren oft meterlangen Zweige mit ihren gelenkkopfartigen, angeschwollenen, halbkugelig-hervorgewölbten, glatten, bei feuchter Witterung sammetartig schillernden Bruchflächen am deutlichsten auch zeigen, daſs der Zweig nicht durch gewaltsames Zerreiſsen seiner Elemente, sondern durch eine von organischen Vorgängen im Innern vorbereitete Lösung gewisser Gewebezonen sich ablöst.

---

[1]) Borkhausen, Forstbotanik I, S. 294.

[2]) K. Müller, Hal., Der Pflanzenstaat, S. 532, gibt eine Abbildung davon.

Neben den Pappeln werden vorzugsweise die Absprünge der Eichen[1]) erwähnt; bei den Fichten kommen aufser den häufig zu findenden, von den Eichhörnchen abgebissenen Zweigen[2]) (Abbisse) wirkliche Absprünge wahrscheinlich nicht vor.

Beobachtet ist ferner noch eine Ablösung der Zweige (Phyllocladien) bei *Xylophylla* und *Phyllocladus*[3]), bei allen *Dammara*-Arten, vorzüglich schön nach A. Braun bei *Dammara australis*, bei mehreren *Podocarpus*-Arten, bei Guajaceen, Piperaceen, vielen strauchartigen Acanthaceen, bei *Laurus Camphora, Crassula arborescens, Portulacaria afra, Taxodium distichum*[4]), bei *Tilia*[3]), bei *Ulmus pendula, Evonymus, Prunus Padus, Erica, Salix* usw.[4]).

Diesen Absprüngen verdanken die Bäume teilweise ihren charakteristischen Habitus. Aber der Ablösungsvorgang wechselt nach Standort, Witterung und anderen Einwirkungen. So hebt Röse beispielsweise hervor, dafs bei anhaltender Dürre die Absprünge häufiger sind, dafs in der Mehrzahl der Fälle Seitentriebe abgeworfen werden, bei manchen Pflanzen aber auch der Gipfeltrieb. Letzterer Fall wird am häufigsten bei jungen, in fruchtbarem Boden erwachsenen Bäumen beobachtet. Nördlinger[5]) hebt hervor, dafs vorwiegend schwachwüchsige Zweige sich abgliedern.

Sowie wir einen Sommerlaubfall haben, finden wir bisweilen auch sommerliche Absprünge. *Gymnocladus, Catalpa bignonioides, Gleditschia, Tilia* und besonders *Ailanthus glandulosa* zeigen die gleiche Bildung einer Trennungsschicht und das Auseinanderweichen der Zellen wie die Blätter. Bei den jungen Trieben von *Ailanthus* läfst sich gut beobachten, dafs an der Bildung der Trennungsschicht neben dem Parenchym auch die noch nicht verholzten Zellen der Gefäfsbündel sich beteiligen. Kork ist um diese Zeit weder in der Nähe der Ablösungsstelle noch an der Oberfläche der Zweigrinde entwickelt, wodurch wir wiederum bestätigt sehen, dafs der Ablösungsprozefs nicht auf der Bildung einer Korkschicht beruht; diese ist nur als eine bald sehr früh (vor der Ablösung), bald später auftretende Schutzschicht des freigelegten, parenchymatischen Gewebes zu betrachten.

Sehr ausgedehnte Untersuchungen über die Zweigabsprünge verdanken wir v. Höhnel[6]), der besonders auch Coniferen in den Kreis seiner Studien gezogen hat und dabei zu dem Schlusse kommt, dafs man bei den Nadelhölzern nicht von Zweigabsprüngen reden darf, sobald man darunter das Abwerfen lebensfrischer und saftiger Zweige versteht. Bei den Coniferen stirbt nämlich der abzuwerfende Zweig

---

[1]) Th. Hartig, Naturgeschichte d. forstl. Kulturpflanzen, S. 119. Pfeil, Deutsche Holzzucht, 1860, S. 136. Wigand, Der Baum, 1854, S. 67. Schacht, Der Baum, 1853, S. 305, Lehrbuch d. Anatomie usw., 1859, II, S. 19.

[2]) Ratzeburg, Waldverderbnis, I, 1866, S. 219 (Tafel 28, Fig. 3); s. dagegen Beling und ferner Roth (Über Absprünge bei Fichten), Bot. Jahresbericht von Just, II, S. 968, 971, und v. Höhnel, Bot. Jahresb. VI. Gonnermann, Über die Abbisse der Tannen und Fichten. Bot. Zeit. von v. Mohl und Schlechtendal, 1865, Nr. 34. Röse, Bot. Zeit. 1865, Nr. 41.

[3]) v. Mohl, Über den Ablösungsprozefs saftiger Pflanzenorgane. Bot. Zeit. 1860, S. 274 u. 275.

[4]) Röse, Über die „Absprünge“ der Bäume. Bot. Zeit. 1865, S. 109 (Nr. 14).

[5]) Nördlinger, Deutsche Forstbotanik. 1874, I, S. 199.

[6]) v. Höhnel, Über den Ablösungsvorgang der Zweige einiger Holzgewächse und seine anatomischen Ursachen. Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs von v. Seckendorff, III, 1878, S. 255. Weitere Untersuchungen über den Ablösungsvorgang von verholzten Zweigen. Bot. Centralbl. 1880, S. 177.

zunächst am Stamme ab und wird gelb oder braun; erst nachdem er schon tot ist, wird er auf gesetzmäfsige Weise und immer durch Vermittlung einer Korkschicht abgeworfen, wobei der Holzkörper an einer bestimmten Stelle bricht. Die Zweigabsprünge der Laubhölzer werden im lebenden und saftigen Zustande durch Vermittlung einer den dicken Holzkörper quer durchsetzenden Parenchymzone ohne Mithilfe einer Korkschicht abgeworfen.

Das Alter der normalen Abwürfe ist sehr verschieden. Bei *Taxodium* sind sie immer einjährig, bei *Pinus Strobus* immer dreijährig, bei *Pinus Laricio* 2—7 jährig, bei *Pinus silvestris* 2—6 jährig, bei den Zweigen von *Thuja occidentalis* 3—11 jährig. Dafs Fichte und Tanne keine Absprünge machen sollen, ist bereits anfangs erwähnt worden. Indes erinnere ich mich, auch einmal frische Fichtentriebe mit gelenkkopfartiger Abgliederung gesehen zu haben.

Bei den Laubhölzern kann man deutlich bemerken, dafs meist die aus Seitenknospen oder Adventivaugen hervorgegangenen, oft schwächlichen Triebe abgestofsen werden, die sich blofs zu Kurztrieben entwickelt haben. Langtriebe werden nur reichlich bei Pappeln und Weiden, bisweilen auch bei Eichen abgestofsen, und zwar ältere (bis 6 jährige Äste). In seltenen Fällen beobachtet man den Vorgang auch bei *Prunus Padus* und *Evonymus europaea*, während bei den anderen Gehölzen meist nur einjährige Triebe abgeworfen werden.

Für uns beachtenswert ist die Beobachtung von v. Höhnel bei *Thuja occidentalis*, dafs der Holzkörper an der späteren Abschnürungsstelle bedeutend schwächer entwickelt ist als ober- oder unterhalb derselben. An der späteren Bruchstelle ist derselbe besonders stark eingeschnürt. Die Zellen des Rindenparenchyms vergröfsern sich stark, so dafs eine namhafte Lockerung entsteht. Bei *Thuja orientalis* fehlt das fleischige Zweigkissen, und es zeigt sich hier kein regelmäfsiger Abwurf. Bei *Ampelopsis quinquefolia* sah Meehan [1]), dafs das basale Internodium stehen bleibt und im nächsten Jahre neue Triebe bringt, welche sich bei Eintritt kalter Witterung wiederum abgliedern.

Für die Zweigabsprünge ergibt sich dasselbe Gesetz, das wir für den Laubfall aufgestellt haben: der Verbrauchsherd, also hier der Zweig, bildet aus irgend einer Ursache nicht mehr das normale Anziehungszentrum für das ungeschwächt zuströmende Wasser, und es tritt infolgedessen Wasserüberfüllung in der noch reaktionsfähigen, anatomisch abweichend gebauten Basalzone ein. Entweder sind die Zweige von vornherein schwächlich angelegt, oder sie kommen durch ungünstigen Standort zu geringer Entwicklung oder werden durch grofse Sommertrockenheit vorzeitig reif oder sind durch Kälte aktionsunfähig geworden usw. Erst auf das lebensschwache Organ macht sich der relative Wasserüberschufs an dessen Basis geltend. Entwickelt sich dasselbe von Anfang an bei grofser Wasserzufuhr, erfolgt kein Abwurf. Feuchte Jahre zeigen wenig oder keine Absprünge. Die bei Forstmännern vorhandene Ansicht, dafs Jahre mit viel Absprüngen gute Samenjahre einleiten, hat eben ihre Begründung darin, dafs dies trockne Jahrgänge sind, in denen die Ausbildung von Blütenanlagen begünstigt wird.

Wenn die Absprünge im Forstbetriebe auch wenig wirtschaftliche

[1]) Meehan, On disarticulating branches in Ampelopsis. Aus „Proceed. of the americ. Acad. of Philadelphia. Part. I, 1880, im Bot. Centralbl. 1880, S. 1005.

Bedeutung haben, so erlangen sie bei dem Gartenbau aber eine Wichtigkeit als Symptom. Namentlich zur Herbstzeit gliedern sich bei vielen unserer Glashauskulturen die Stengelglieder ab, wie namentlich bei den strauchartigen Begonien, Melastomaceen, Acanthaceen usw. Das sind sichere Anzeichen von Wasserüberschufs, und ein scharfes Trockenhalten der Töpfe allein ist imstande, die Pflanzen vor Erkrankung zu bewahren.

b. Erhöhung der Nährstoffkonzentration.

Unter den in diesem Abschnitt zu besprechenden Krankheitserscheinungen müssen wir auch noch einige Fälle behandeln, bei denen ein Wasserüberschufs im Pflanzenleibe nur stellenweise zum Ausdruck gelangt. Die Wurzeltätigkeit braucht dabei keine erhöhte zu sein; die Wasseranhäufung kommt vielmehr dadurch zustande, dafs die Verdunstungstätigkeit der Blätter herabgedrückt wird. Es müssen Turgorsteigerungen in einzelnen Organen oder Organteilen sich einstellen, wie man solche auch künstlich an abgeschnittenen Blättern durch gesteigerte Wasserzufuhr erzeugt. Mithin bleibt zu beachten, dafs vielfach die Luftfeuchtigkeit ausschlaggebend mitspricht. Umgekehrt ist in anderen Fällen, bei denen es sich um Nährstoffüberschufs handelt, darauf aufmerksam zu machen, dafs derselbe nicht immer eine absolute Anhäufung im Boden voraussetzt, sondern auch dann eintritt, wenn das Lösungsmittel, das Wasser, vorübergehend in zu geringer Menge vorhanden ist und dadurch eine schädlich hohe Konzentration der Bodenlösung zustande kommt.

Gemäfs den verschiedenen Mengenverhältnissen, in welchen die einzelnen Nährstoffe und übrigen Wachstumsfaktoren bei der Herstellung von 1 g Trockensubstanz einer Pflanzenspezies beteiligt sind, erscheinen auch die Ansprüche jeder Spezies an die Bodenlösung verschieden. Bei Pflanzen z. B., die zur Herstellung ihrer Substanz viel Kali oder viel Stickstoff verlangen, wird der Wurzel eine hochprozentige Lösung dieser Stoffe notwendig sein. Die Pflanzen sterben nicht, wenn ihnen die gewünschte, hohe Konzentration nicht geboten wird, aber sie ändern ihren Wachstumsmodus; sie beanspruchen dann, wie früher gezeigt worden ist, viel mehr Wasser, gleichsam als ob sie bestrebt wären, durch vermehrte Aufnahme der verdünnten Lösung das nötige Quantum eines bestimmten Nährstoffs dennoch herbeizuschaffen. Trotz des vielen Wassers und der sonst gebotenen Stoffe ist die Gesamtproduktion eine ärmliche. Ein gleicher Wachstumsstillstand zeigt sich, wenn die Pflanzen in eine zu hoch konzentrierte Bodenlösung gebracht werden. Die Wasseraufnahme ist relativ gering, die Aschenmenge aber grofs und die Produktion an Trockensubstanz eine kleine. Es kommt dann der Überschufs wohl zur Aufnahme, aber nicht zur Verwendung; die Mineralsubstanzen werden einfach im Pflanzenkörper abgelagert und sind teilweise wieder mit Wasser auslaugbar. Bei Wasserkulturen mit hohen Nährstoffkonzentrationen kann man bisweilen wahrnehmen, dafs die kurzen, knorrigen Wurzelhaare mit kristallinischen Blättchen bedeckt sind. So kann beispielsweise Salpeteranhäufung in der Pflanze stattfinden, wenn übermäfsig mit Kalisalpeter gedüngt wird. Für die dabei stattfindenden Vorgänge gibt Emmerling[1]) durch seine Versuche eine

[1]) A. Emmerling, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Vorgänge in der Pflanze. Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. XXX, Heft 2, 1884, S. 109.

sehr acceptable Erklärung. Er zeigt nämlich, dafs grade so, wie bei der Verwendung von salpetersaurem Kalk auch das Kaliumnitrat durch Oxalsäure selbst in sehr verdünnten Lösungen derartig zersetzt wird, dafs oxalsaures Kali und freie Salpetersäure entstehen, während Oxalsäure den kohlensauren Kalk nicht stark angreift, da sie denselben mit einer undurchdringlichen, dünnen Schicht von Calciumoxalat überzieht. Wenn nun im Verhältnis zur Quantität der Säure, die eine Pflanzenspezies zu bilden vermag, sich sehr viel Salpeter im Boden findet, so wird derselbe zwar aufgenommen, aber nur im Verhältnis der vorhandenen Oxalsäure zersetzt werden und die freie Salpetersäure zur Bildung der Eiweifsstoffe Verwendung finden; der übrige Salpeter häuft sich unzerlegt in der Pflanze an.

Für unsere Kulturpflanzen gilt sicher das Gesetz, dafs sie alle dasselbe Nährmaterial beanspruchen, aber in verschiedener Konzentration, und dafs auch ihre Fähigkeit, Anhäufungen einzelner Stoffe zu ertragen, ausschlaggebend für das Gelingen der Kulturen ist. Dabei ist nicht zu vergessen, dafs weder die absolute Menge eines Nährstoffes, welche überhaupt schadlos ertragen werden kann, noch auch diejenige Quantität eines Nährstoffes, welche sich als die für die Produktion beste (optimale) erweist, für eine bestimmte Pflanze absolut feststehende Gröfsen darstellen. Vielmehr ist anzunehmen, dafs je nach der Kombination, in welcher die übrigen Vegetationsbedingungen augenblicklich vorhanden sind, das Bedürfnis nach einem bestimmten Nährstoff sich beständig ändert. Daher gibt es immer nur relative Optima und Maxima für jeden Vegetationsfaktor. Je nach der augenblicklichen Kombination der Vegetationsfaktoren ändert sich der Produktionsmodus und das Produkt, nämlich der Pflanzenleib; daher ergibt die morphologische, anatomische und chemische Analyse für jedes Individuum andere Werte.

Jede Konzentrationsänderung in demselben Nährstoffgemisch ändert schon den Wachstumsmodus und spricht sich unter Umständen direkt im Verhalten der Wurzelhärchen aus, wie STIELER[1]) angibt. Bei den noch im Wachstum begriffenen Wurzelhärchen sah er bei jedem Wechsel der Lösung eine Veränderung (Verstärkung) der Membran an der Kuppe der Wurzelhärchen; unter Umständen kann sogar Wachstumsstillstand eintreten. In wässerigen Lösungen der Elektrolyte bilden bei manchen Pflanzen die Wurzelhärchen blasenartige, unregelmäfsige Erweiterungen, ja sie können selbst an der Kuppe oder (selten) an der Seite zerplatzen. Die Nichtelektrolyte üben nur dann einen schädlichen Einflufs aus, wenn sie giftig wirken oder in zu hoher Konzentration vorhanden sind, wobei Plasmolyse eintritt. Besonders beachtenswert ist die Beobachtung, dafs konzentrierte Magnesiumverbindungen sich direkt giftig erweisen können, was bei anderen Nährsalzen selbst bei hoher Konzentration nicht wahrzunehmen war.

Es finden durch diese Untersuchungen meine eigenen Beobachtungen eine Bestätigung, dafs bei hochkonzentrierter Nährstofflösung „knorrige oder aufgeblasene“ Wurzelhaare auftreten und diese somit ein Symptom dafür bilden, dafs die Pflanze mit Schwierigkeiten bei der Nahrungsaufnahme zu kämpfen hat.

Betreffs der Getreidearten weisen die Versuche darauf hin, dafs

---

[1]) STIELER, G., Über das Verhalten der Wurzelhärchen gegen Lösungen. Dissertation. Kiel 1903. cit. Bot. Centralbl. v. Lotsy 1904, Nr. 47, S. 541.

z. B. Hafer schon durch Nährstoffmengen leiden kann, die für Weizen erst eine volle Produktion zulassen. Daher versagt manchmal der Hafer auf Parzellen, die allmählich in zu hohen Düngungszustand gelangt sind. Die Messungen der Transpirationsgröfse zeigten, dafs die Pflanze zur Produktion von 1 g Trockensubstanz in konzentrierteren Lösungen weniger Wasser als in sehr verdünnten braucht. Daraus ergibt sich, dafs bis zu einem bestimmten Grade die Düngung eine Wasserersparnis bedeutet[1]).

Entsprechend der erwähnten Veränderung der Wurzelhaare ändern sich durch die Konzentration allmählich auch der Bau und die Menge des ganzen Wurzelapparates. Sehr bezeichnend sind dafür die Versuche von Schwarz[2]) mit Kiefern. Es zeigte sich auch bei dem Nadelholz eine bei anderen Pflanzen schon früher festgestellte allmähliche Abnahme des Wurzelumfangs bei Steigerung des Salzgehaltes im Boden. Damit verschiebt sich das Verhältnis zwischen oberirdischer und unterirdischer Achse. Während im ungedüngten Sande das Gewicht des Wurzelsystems der Kiefernsämlinge gröfser als das der oberirdischen Teile war, betrug bei reichlicher Nährsalzzufuhr das Gewicht des Wurzelkörpers nur ein Fünftel von dem der oberirdischen Achse.

Selbst bei den Kohlgewächsen, die man durch die Kultur allmählich zur Verwertung der höchst zulässigen Konzentrationen gewöhnt hat, findet schliefslich eine Überfütterung und damit ein Rückgang der Produktion statt. So erwiesen sich die Kohlrabipflanzen besonders empfindlich gegen starke Phosphorgaben, während sie hohe Stickstoff- und Kalidüngung neben der entsprechenden Kalkgabe geradezu haben müssen[3]).

Veränderungen der Wiesen.

Die Methode, saure und sandige Wiesen durch Düngung zu verbessern, beruht im wesentlichen auf einer Erhöhung der Nährstoffkonzentration. Es fliehen dann die sauren Gräser oder die des sterilen Bodens, die nur schwach konzentrierte Lösungen vertragen, und es siedeln sich unsere guten Futtergräser mit höherem Nährstoffbedürfnis und reicherer Produktion an Trockensubstanz an. Sehr instruktive Versuche über permanente Wiesen liegen von Lawes und Gilbert[4]) vor. Wir entnehmen daraus nur ein Beispiel, um zu zeigen, wie die einzelnen Grasspezies in denjenigen Nährlösungen, von denen sie eine höhere Konzentration vertragen, allmählich an Übergewicht gewinnen. Es fand sich bei nachstehenden Düngungen folgender Prozentsatz der einzelnen Grasarten bei 100 Pflanzen Heu (s. die Tabelle auf folgender Seite).

Aus der umstehenden Gräsertabelle sehen wir, wie die auf sterilem Sandboden schnell sich ausbreitende *Festuca duriuscula* verschwindet, wenn die Konzentration der Stickstofflösung und gleichzeitig die der Mineralsubstanzen zunimmt. Dasselbe Verhalten zeigen *Agrostis vulgaris* und *Anthoxanthum odoratum*, während umgekehrt die Mastpflanzen

---

[1]) Sorauer, P., Über Mifsernten bei Hafer. Österr. Landwirtsch. Wochenblatt Nr. 2/3. 1888.

[2]) Schwarz, F., Über den Einflufs des Wasser- und Nährstoffgehaltes des Sandbodens auf die Wurzelentwicklung von Pinus silvestris im ersten Jahre. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. Januar 1892.

[3]) Otto, R., Vegetationsversuche mit Kohlrabi etc. Gartenflora 1902. S. 393.

[4]) Nach „Journal of the Royal Agric. Soc. of England" und „Proceedings of the Royal Hort. Soc. 1870", cit. in Biedermann's Centralbl. 1876, II, S. 405.

Bezeichnung der Grasarten	ohne Düngung	Ammoniak-salze allein	Mineral-dünger allein[1])	Mineral- u. Ammoniak-düngung	Mineral- u. doppelte Ammoniak-düngung	Stallmist allein	Stallmist mit Ammoniak-düngung
Festuca duriuscula	13,04	21,42	12,00	2,98	0,79	0,22	0,19
Agrostis vulgaris	8,62	21,29	2,76	11,55	9,15	1,38	0,78
Lolium perenne	8,62	3,39	3,03	11,89	8,60	2,59	2,73
Holcus lanatus	4,97	9,68	4,86	11,06	8,82	2,17	2,01
Dactylis glomerata	1,76	2,27	2,79	5,04	23,58	4,85	16,86
Poa trivialis	1,50	1,61	5,77	12,00	15,47	27,43	29,34
Bromus mollis	0,08	0,15	0,63	2,21	0,93	9,64	12,53
Anthoxanthum odoratum	3,29	2,41	0,80	0,49	0,10	0,19	0,06

unserer Rieselwiesen, *Dactylis glomerata* und *Poa trivialis,* in den 5 Versuchsjahren, deren Ergebnis die Tabelle darstellt, sich immer reichlicher auf den stark mit Stickstoff gedüngten Parzellen ansiedeln und die anderen verdrängen. Das Gras der Dorfstrafsen, *Bromus mollis,* beteiligt sich in hohen Prozentsätzen nur dort, wo Stallmistdüngung stattgefunden hat, während *Lolium perenne* und *Holcus lanatus* zwar überall vorkommen, aber da, wo reiche Stallmistdüngung ist, nur wenig sich ausbreiten.

Von den übrigen, interessanten Beobachtungen der Verfasser mag noch angeführt werden, dafs die Wiesenparzelle, welche ungedüngt geblieben war, eine grofse Mannigfaltigkeit in den darauf vegetierenden Familien und Arten zeigte. Das Gras war kurz, stengellos und bei der Schnittperiode verhältnismäfsig sehr grün. Bei Mineraldünger gewinnen die Leguminosen die Oberhand; bei den Gramineen, die übrigens nicht eine besonders vorherrschende Gattung erkennen lassen, ist die Neigung zur Blütenentwicklung mehr ausgesprochen als im ungedüngten Lande. Umgekehrt schliefsen die ohne andere Beidüngung verabreichten Ammonsalze die Leguminosen fast gänzlich aus und die Gramineen werden herrschender, *Festuca* und *Agrostis* erreichen ihren höchsten Prozentsatz; üppig gedeihen *Rumex*, *Carum* und *Achillea.*

Wenn Chilisalpeter allein angewendet wurde, zeigte sich im allgemeinen derselbe Effekt wie bei den Ammonsalzen; indes war bei den Gräsern besonders *Alopecurus pratensis* vorherrschend; auch machte sich eine überwiegende Neigung zur Blattproduktion gegenüber der Entwicklung der Blütenstengel bemerklich. Neben den sich etwas besser entwickelnden Leguminosen fand sich eine üppige Entfaltung der wenig nützlichen *Plantago*, *Centaurea, Ranunculus* und *Taraxacum.*

Die höchsten Erträge und beste Entwicklung der Gräser sah man bei Stallmist mit stickstoffhaltigem Beidünger. Die Leguminosen und andere Pflanzen wurden von den leichter als bei alleiniger Stickstoffzufuhr reifenden Gräsern überwuchert und verschwanden. Der Stalldünger allein, der auch eine beträchtliche Ernte lieferte, bei der namentlich *Bromus mollis* und *Poa trivialis*, weniger aber die Schmetterlingsblütler sich beteiligten, liefs an Feinheit und Gleichartigkeit des Heues zu wünschen übrig.

[1]) Unter Mineraldüngung verstehen d. Verf. eine Mischung von Superphosphat mit schwefelsaurem Kali, schwefelsaurem Natron und schwefelsaurer Magnesia.

Wenn moosige Wiesen in Kultur genommen werden, so findet sich, dafs das Moos eben gar keine konzentrierten Nährstofflösungen verträgt oder mindestens keine hohe Konzentration einzelner noch näher zu erforschender Nährsalze. Daraus erklärt sich das Verschwinden des Mooses von Wiesen nach Kalidüngung. Dasselbe Verhältnis wird für den Schachtelhalm Gültigkeit haben, welcher nach Chlorcalciumlösung unbedingt verschwinden soll und deshalb gegen hohe Kalkkonzentration besonders empfindlich zu sein scheint.

Der extremen Ausmagerung der Wiese, die sich durch die Moosvegetation ankündigt, steht die übermächtige Grasentwicklung an den sog. Geilstellen gegenüber. Es tritt durch das Harnlassen der Tiere eine vorzugsweise reiche Stickstoffdüngung ein, und dieselbe macht sich durch üppigere Laubentfaltung geltend. Die Pflanzen hatten nach Weiske[1]) nahezu doppelt so viel Proteïnsubstanzen, aber etwa 1/4 weniger von stickstofffreien Stoffen als die daneben stehenden, nicht überdüngten Pflanzen. Demgemäfs fanden sich in der Asche der ersteren mehr Alkalien, Magnesia und Schwefelsäure. Die Pflanzen solcher Geilstellen bleiben trotz ihres gröfseren Volumens in einem zu jugendlichen Zustande und würden bei grofser Ausdehnung solcher überdüngter Stellen mehr Schaden als Nutzen gewähren. Darin gleichen sie dem Bestande der Rieselwiesen.

Rieselfelder.

Die Ausdehnung der Rieselfeldwirtschaft in der Nähe grofser Städte erfordert, dafs wir die bei diesem Betriebe unvermeidlichen Schädigungen speziell besprechen. Ehrenberg[2]) hat kürzlich seine Erfahrungen betreffs der Berliner Rieselfelder mitgeteilt.

Abgesehen von der durch schnell sich wiederholenden Anbau der Kohlarten hochgradig gesteigerten Entwicklung der *Plasmodiophora Brassicae* finden sich auch Tierschäden ungemein begünstigt. Am meisten trat die aufsergewöhnliche Vermehrung von *Silpha atrata* hervor, wodurch grofse Rübenflächen vollständig zerstört worden sind. Der Schädling findet in den faulenden organischen Stoffen der Spüljauche überreichliche Nahrung und in den Dämmen und Kanälen willkommene Schlupfwinkel gegen Kälte und Feinde. Der grofse Nährstoffvorrat zieht auch die Krähen aus weiter Umgebung nach den Rieselfeldern, deren Saatgut wie z. B. Mais und Weizen reihenweis ausgewühlt wird. Eine fernere Plage bilden die Ratten.

Zu diesen pflanzlichen und tierischen Schädigern gesellt sich der Wind, der hier verderblicher als auf anderem Ackerlande wirkt. Auf den Berliner Rieselfeldern wurde eine grofse Anzahl völlig belaubter Obstbäume trotz ihrer starken Baumpfähle umgeworfen, weil die durchnäfste Erde den ohnehin nicht tiefgehenden Wurzeln zu wenig Halt gewährte. Beobachtet wurde dieser Fall besonders dann, wenn ein Feldstück mit den umgebenden Obstbaumalleen durch Spüljauche überschwemmt wurde.

Bei den Berieselungen während der Vegetationszeit bemerkte man bei den herangewachsenen Exemplaren von Zucker- und Futterrüben sowie von Mohrrüben und ähnlichen Wurzelgewächsen, dafs dieselben

[1]) Annalen d. Landwirtsch. 1871. Wochenblatt, S. 310.

[2]) Ehrenberg, Paul, Einige Beobachtungen über Pflanzenbeschädigungen durch Spüljauchenberieselung. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1906.

es nicht vertragen, wenn die Spüljauche einige Zeit am Wurzelhalse steht. Es trat nach wenigen Stunden ein Welken der Blätter und gegen Abend sogar ein Erschlaffen der Blattstiele ein. Halmfrüchte, Gras, Hülsenfrüchte und andere Gewächse ohne fleischigen Wurzelkörper zeigten die Erscheinung nicht. Wahrscheinlich handelt es sich hier um ein physiologisches Welken, indem der bei jeder fleischigen Wurzel spärliche Wurzelfaserapparat aus der hochkonzentrierten Bodenlösung nicht imstande ist, genügend Wasser loszureifsen, um den Verdunstungsverlust zu decken. Wenn durch die Absorption der Erde die Bodenlösung an Konzentration verlor, verschwand das Welken wiederum.

Zur Vermeidung dieses Übelstandes wird der Anbau auf meterbreiten Dämmen vorgenommen, oder man häufelt die Rüben mit fortschreitender Entwicklung an und rieselt in den dadurch entstandenen Furchen.

Auf die Veränderung des Graswuchses ist schon an anderer Stelle aufmerksam gemacht worden. Auf den Berliner Rieselfeldern handelt es sich vorzugsweise um *Lolium italicum*, das namentlich bei Winterberieselung vielfach gänzlich auswintert.

Die Weichheit des Grases, die sich schon durch das leichte Faulen anzeigt, wird vorzugsweise auch durch den Stickstoffüberschufs bedingt. Im Durchschnitt der Jahre 1900—1902 erhielt der Hektar Berliner Rieselland 800—1200 kg N[1]. Trotz der sehr geringen Aussaatmengen und des weiten Standes neigen die mastigen Getreidepflanzen ungemein zur Lagerung. Die Vorgänge, die sich bei dem Lagern abspielen, habe ich Gelegenheit gehabt, bei Hafer von Berliner Rieselfeldern zu studieren[2]. Es ist dabei eine eigenartige Zermürbung des Blattgewebes infolge von Bakterienarbeit auffällig. Betreffs des Verhaltens junger Saat bei Überdüngung beobachtete ich bei Gerste, dafs, gegenüber den normal ernährten Pflanzen, die überdüngten dunkler grün wurden, aber im Wachstum zurückblieben. Dann bekamen die Blattspitzen graugelbe Flecke und verfärbten sich schliefslich gänzlich grau, wobei eine Anzahl der Sämlinge umknickte. Bald nach dem Umknicken begann der oberhalb der Knickstelle befindliche Teil zu vertrocknen. Während aber normal vertrocknende Pflanzen schliefslich eine Strohfarbe annehmen, war dies hier nur bei den unteren Blättern der Fall; die oberen vertrockneten in heugrüner Färbung. Wichtig ist dabei auch die Erkrankung der Gefäfsbündel und die grofse Neigung der Pflanzen zur Verpilzung[3].

Aufser der bekannten Verzögerung der Reife des Getreides auf Rieselfeldern erwähnt Ehrenberg auch das Mifsverhältnis zwischen Stroh- und Körnerernte. Bei berieseltem Hafer war das Verhältnis von Korn zu Stroh wie 1 : 3,33, bei unberieseltem wie 1 : 2,88.

Solche „Strohwüchsigkeit“ stellt sich allmählich als typische Eigenschaft heraus; denn es ergaben sieben neu bezogene Gerstensorten ein Verhältnis von Korn zu Stroh im Durchschnitt 1 : 1,75, während die auf den Rieselfeldern seit langer Zeit angebaute Sorte 1 : 2,88 zeigte. Weizen und Roggen verhielten sich ähnlich. Welche Reifeverzögerung in

---

[1]) Backhaus, Landwirtschaftl. Versuche auf den Rieselgütern der Stadt Berlin im Jahre 1904.

[2]) Sorauer, P., Beitrag zur anatomischen Analyse rauchbeschädigter Pflanzen. Landw. Jahrbücher von Thiel. 1904, S. 593.

[3]) a. a. O. S. 646.

extremen Fällen eintreten kann, fand man bei Rotem Gebirgsweizen, der am 19. April ausgesät worden war und auf dem berieselten Felde am 13. September, auf dem unberieselten am 24. August reif war; es ergab sich also ein Unterschied von 20 Tagen.

Dafs die Chlorverbindungen auf den Stärkegehalt der Kartoffeln und auch anderweitig nachteilig einwirken, findet sich an anderer Stelle erwähnt.

Als die bedeutsamste Schädigung auf den Rieselfeldern ist die „Verschlickung“ zu bezeichnen. Die Spüljauche enthält neben den grofsen Mengen von Kochsalz und anderen Salzen sehr viel organische Substanz, besonders Papierreste, Kaffeesatz und dergl. Im Durchschnitt ergaben sechs Untersuchungen der Berliner Spüljauche im Jahre 1902:

Organische Substanz . .	0,030 %,
Kali	0,006 %,
Natron	0,022 %,
Schwefelsäure	0,006 %,
Chlor	0,020 %.

Die Papierreste mit der organischen Substanz trocknen auf den Feldern zu zähen, dünnen Fladen zusammen, welche wegen ihres Fettgehaltes sich nur schwer zersetzen, und mit den Salzen und organischen Stoffen durchtränkt, den Schlick darstellen, der bodenverschlechternd wirkt. Der hohe Gehalt an Salzen wird durch Basenaustausch leicht ein Auswaschen des Kalkes verursachen.

Dafs auf verschlickten Rieselfeldern tatsächlich Kalk in die Tiefe wandert, bestätigen die Analysen[1]). Es betrug der Kalkgehalt in

	Oberkrume	Untergrund
bei normalem Boden	0,153 %	0,031 %,
bei gleichem aber verschlicktem Boden .	0,122 %	0,048 %.

Kalkzufuhr ist also bei verschlicktem Boden erwünscht, da er physikalisch verbessernd wirkt.

Die Beseitigung der erwähnten papierartigen Fladen, durch welche junge Pflanzen, namentlich die Grassaat, ersticken können, wird man zunächst durch Aufeggen, Zerreifsen und Fortschaffen der Fetzen in Angriff zu nehmen haben. Trotzdem kommen bei der Ackerbestellung reichliche Mengen in die Erde und üben dort einen schädigenden Einflufs aus. Die Anreicherung an organischer Substanz durch den Schlick läfst sich aus dem Glühverlust erkennen.

Normaler Boden enthielt in der Krume .	1,994 %,
der gleiche Boden verschlickt	2,418 %.

Vegetationsversuche in Töpfen erwiesen, dafs die Schlickbeigabe stets hemmend auf das Wachstum wirkte und eine Zufuhr von Ätzkalk die Wachstumsverzögerung nicht zu beseitigen vermochte. Die Hemmung in der Entwicklung bestand nicht in dem Auftreten positiver Krankheitssymptome, sondern nur in verspätetem Aufgang des Samens und allgemeiner Depression des Wachstums. Die Erklärung der Erscheinung ist auf physikalischem Gebiete zu suchen. Die durch ihre festverklebten

[1]) Backhaus a. a. O. S. 69 u. 114.

Bestandteile und ihren Fettgehalt für Wasser und Luft sehr undurchlässigen Schlickstücke hemmen die Wurzeln in ihrer Ausbreitung und bilden grofse Hindernisse für das herabsinkende und aufsteigende Wasser.

Die Schorfkrankheiten.

Von den vielen Krankheitsformen, in deren Ursachen wir noch keinen genügenden Einblick haben, reihen wir die Schorfe hier unter die Überschufskrankheiten ein. Der Grund dafür ist die vielseitig gemachte Wahrnehmung, dafs nach Zufuhr von Stoffen, welche die Alkalität eines Bodens zu vermehren vermögen, die Schorferscheinungen in reichlicherem Mafse aufzutreten pflegen.

Bei dem Schorf oder der „Räude" bilden sich vorzugsweise flach ausgebreitete, borkig zerklüftete, korkfarbige Stellen auf den fleischigen, unterirdischen, rüben- oder knollenartigen Reservestoffbehältern. Solange eine solche borkenartige Zerklüftung oberflächlich bleibt, spricht man von Oberflächenschorf. Erfolgt dagegen eine schnelle Vertiefung der Wundstellen, so dafs dieselben zu Gruben oder Löchern werden, bezeichnet man die Erkrankung als Tiefschorf, bei dem in gewissen Fällen warzenartige Wucherungen die Wundfläche verändern können. Letzterer Fall ist als „Buckelschorf" unterschieden worden.

Fig. 52. Tiefschorfkranke Rübe von der stärkst erkrankten Seite der Wurzelrillen gesehen.

Fig. *A*: *t*, t^1 und t^2 die terrassenartig vortretenden Gefäfsbündelringe; *g* Gewebelücken mit zunderigen Rändern; *k* knollige Parenchymwucherungen am Rübenkopfe, die als Überwallungsgewebe der Schorfwunde zu deuten sind; *s* flache Schorfanfänge, die an der Wurzelrille *W* abwärts sich ziehen; *r* äufserster Rand der Schorfmulde; *c* tiefste Stelle derselben. Fig. *B*: Rübenquerschnitt in der Nähe des Tiefschorfzentrums *c*; die vom Schorf zerstörten Gefäfsbündelringe *t*, t^1 und t^2 treten terrassenartig von der tiefsten Wundstelle aus zurück; *l* zeigt die schwache Ausbildung der äufsersten Gefäfsringe. (Orig.)

Aufser Zucker- und Futterrunkeln leiden am häufigsten die Kartoffeln, zeitweise die Rübenkörper der Umbelliferen, wie Sellerie, Mohrrübe, Petersilie usw., seltener die Rübenkörper der Kohlgewächse. Das

Charakteristische ist die Zerstörung von Korklagen, die sich aus den darunterliegenden Geweben längere Zeit hindurch immer wieder ergänzen. Um sich eine Vorstellung von der schwersten Schädigungsform der Schorfkrankheit machen zu können, geben wir die Abbildung einer Zuckerrübe, die an „gezontem Tiefschorf“ oder „Gürtelschorf“ leidet (Fig. 52). Die Rübe hat am Kopfende eine Dicke von 7—8 cm, ist aber nur oben kreisrund, zeigt dagegen an den beiden Seiten, welche die Wurzelreihen tragen, eine beträchtliche Abflachung, welche sich nach dem Schwanzende hin wieder verliert. Die abgeflachten Seiten sind muldenartig vertieft, und das Zentrum der Mulde ist etwa 6 cm von der Schnittfläche am Rübenkopfe entfernt. Die Oberfläche der Mulde ist dadurch wellig, dafs über einem tiefstliegenden Zentrum sich die einzelnen Ringe des Rübenkörpers, terrassenartig nach aufsen ansteigend, in mehr oder weniger deutlich hervortretenden Zonen erheben.

Die Beschaffenheit des Gewebes der Muldenränder ist zunderig-schorfig, d. h. zerklüftet, und die Klüfte von röhrenartigen Gängen durchsetzt, welche einen faserigen Zerfall der Substanz einleiten. Die Auskleidung der gangartigen Klüfte besteht aus braunen, verkorkten, zackenartig vorspringenden Geweberesten, deren Oberfläche einen eigenartig körnigen Zerfall erkennen läfst. Trotz des tiefgehenden Zerfalls an der Schorfstelle sehen wir, dafs der Rübenkörper seine Reaktionsfähigkeit behält: denn die Ränder der einzelnen Gefäfsbündelringe wölben sich nach der Verletzung durch Neubildung von Zellen wallartig vor.

Dafs der Rübenkörper an den schorfigen Stellen schon vorher eine Wachstumshemmung erlitten haben dürfte, geht daraus hervor, dafs an der beschädigten sowohl wie an der gegenüberliegenden Rübenseite die einzelnen Geweberinge schmaler als an den anderen Rübenseiten sind. Bei Behandlung von Querschnitten der erkrankten Stellen mit Schwefelsäure sieht man, dafs unterhalb der braunen, spröden, allmählich zerfallenden Gewebelagen, die verkorkt sind, im anscheinend gesunden Rübenfleisch die Intercellularsubstanz einen gelblichen, weinroten bis leuchtend karminroten Farbenton annimmt. Manchmal erscheinen auch einzelne Gefäfsgruppen mit festen Ballen oder Pfropfen versehen, welche dieselbe Färbung mit Schwefelsäure annehmen. Die Intercellularsubstanz erweist sich später gelockert und beginnt schliefslich, körnig-schleimig zu zerfallen. Dem blofsen Auge erscheint der ganze Vorgang als ein trockener Zersetzungsprozefs.

Wie erwähnt, ist diese Schorfform, welche so tief in das Fleisch des Rübenkörpers eindringt, die seltenere: meist finden wir viel flachere borkige Zerklüftungsstellen, die in kreisförmigen Herden auftreten und vielfach erkennen lassen, dafs sie in einer ziemlich frühen Entwicklungsphase der Rübe aufgetreten sind und später an Ausbreitung nachgelassen haben. Bemerkenswert ist, dafs bei dem gezonten Tiefschorf nicht der Kopf der Rübe angegriffen erscheint, sondern die Erkrankung erst in gewisser Entfernung von demselben innerhalb des Bodens sichtbar wird. Bei tiefgeflanzten Rüben findet man manchmal Schorfanfänge an den Blattstielbasen. Ganz ähnliche Erscheinungen bemerkt man auch bei den Kartoffeln, Mohrrüben usw. Bei der Kartoffel ist der Ausgang der Schorfbildung von den Lenticellen aus beobachtet worden, und es ist unschwer ersichtlich, wie leicht schädigende Einflüsse einen Angriffspunkt finden, wenn wir eine solche Lenticelle betrachten. Hier sehen wir unter der aus tafelförmigen Korkzellen aufgebauten Schale *k* (in



Lieferung 10. (Erster Band, Bog. 24—28.) Preis: 3 Mark.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage
in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau, und **Dr. L. Reh,**
Privatdozent an der Universität Berlin — Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben
von
Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



Mit zahlreichen Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1906.

Erscheint in 16—18 Lieferungen à 3 Mark.



untenstehender Fig. 53) die ersten Anfänge der Lenticellenbildung unterhalb der Spaltöffnungen in Form unregelmäfsiger, inhaltsarmer Zellen (*a*). Indem diese Zellenbildung immer weiter rückwärts greift und die zuerst gebildeten Zellen Wasser aufnehmen, quellen und dadurch die Korkrinde sprengen, entsteht die nun zur Schorfbildung Veranlassung gebende Lenticelle, aus welcher die sich lockernden Füllzellen (*f*) in Form eines weifslichen, feuchten Mehles hervortreten. Diese Zellen vermodern; der Vermoderungsprozefs greift weiter nach innen und die dichtgedrängten, noch zusammenhaftenden Reihen der jugendlichen Füllzellen (*v*) sind immer tiefer im Innern des Fleisches zu suchen, wo fortgesetzt die Stärke (*st*) aus dem die Füllzellen umgebenden Gewebe verschwindet. Ganz ähnliche Vorgänge spielen sich unter dem Einflufs anhaltender Feuchtigkeit auch bei anderen unterirdischen Pflanzenteilen ab. Der bisher schützend wirkende Korkmantel erfährt somit eine gefährliche Lockerung.

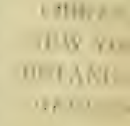




Fig. 53. Lenticellenbildung an der Kartoffelschale. (Orig.)

Die Schorfkrankheit ist neuerdings als eine parasitäre aufgefafst und meist als eine bakteriöse Erscheinung beschrieben worden. Sie findet sich daher bereits im zweiten Bande unseres Handbuchs abgehandelt (s. Rübenschorf S. 46 und Kartoffelschorf S. 75). Aber es ist dort schon hervorgehoben worden, dafs als Ursache recht verschiedene Organismen angegeben werden. Teils sind es Bakterien, teils Mycelpilze. Einerseits wird erwähnt, dafs die gefundenen Organismen als Wundparasiten zu betrachten seien, welche die unverletzte Korkhaut nicht anzugreifen vermögen (Krüger), andererseits liegen gelungene Impfversuche vor, welche unter besonderen Umständen an jugendlichen Organen ausgeführt worden sind (Bolley). Dazu kommt, dafs eine grofse Reihe praktischer Erfahrungen unbedingt feststellt, dafs, wie erwähnt, gewisse Substanzen, dem Acker einverleibt, schorfbegünstigend wirken. Daraus ergibt sich, dafs der Verlauf des Schorfes wohl an parasitäre Organismen gebunden sein kann, ohne dafs diese

aber spezifische Schorforganismen wären. Viel wahrscheinlicher ist es, dafs in den Rübenböden meist vorhandene saprophyte Arten durch bestimmte Änderungen der Bodenbeschaffenheit den geschwächten, alten oder zarten jugendlichen Rübenkörper anzugreifen imstande sind. Dafs der Rübenkörper zur Zeit der Schorfkrankheit schon eine Hemmung erfahren hat, zeigt der Umstand, dafs die gesunden Gefäfsbündelringe dort, wo der Schorf einsetzt, schmaler sind, also ihr Dickenwachstum beschränkter gewesen ist.

Gestützt auf die BOLLEY'schen Impfversuche [1]), welche den Rüben- und Kartoffelschorf auf gleiche Ursachen zurückführen, wenden wir uns der Hauptfrage zu, welche Umstände als schorfbegünstigend oder -veranlassend durch die praktische Erfahrung festgestellt worden sind. Ganz bekannt ist unter Landwirten, dafs das M e r g e l n des Ackers die häufigste Veranlassung zum Schorfigwerden der Kartoffeln darstellt. Besonders soll es der gelbe Mergel sein, welcher Eisenoxyduloxyd enthält. FRANK [2]) hat betreffs dieser Frage direkte Kulturversuche angestellt. Auf unsterilisiertem Boden entstand Schorf und unterblieb auf sterilisiertem, auch wenn demselben Lehmmergel zugesetzt worden war. Erfahrungsgemäfs wirken ferner als schorfbegünstigend Raseneisenstein, Strafsenkehricht, Kloakenkot, frischer tierischer Dung, Jauche und Chilisalpeter, so dafs man zu der Vermutung gedrängt wird, die a l k a l i s c h e R e a k t i o n sei die hauptsächlichste Ursache der Begünstigung der Schorforganismen. Zu diesem Schlufs kommt auch BOLLEY [3]), dessen Versuche ergeben, dafs seine Schorfbakterien sich am schnellsten auf neutralem oder basischem Nährboden entwickeln. Dafs die Nässe fördernd wirkt, haben FRANK's vergleichende Versuche erwiesen, und BOLLEY hebt hervor, dafs leichte sandige Böden in der Regel glatte Knollen liefern. FRANK's Resultate scheinen der Erfahrung zu widersprechen, dafs man in heifsen, trockenen Jahren stellenweise viel Schorf finden kann.

Die Widersprüche lösen sich, wenn man die Untersuchungen von THAXTER [4]) herbeizieht, der für Tief- und Flachschorfformen verschiedene Organismen unterscheidet und hervorhebt, dafs für den von ihm kultivierten Organismus neutrale Reaktion am förderlichsten, leichte Alkalität aber wie leichte Ansäuerung verzögernd zu wirken scheinen. Bei seinen Versuchen wurden junge Knollen an jeder Stelle, ältere noch mit Erfolg an Wundstellen und namentlich Lenticellen angegriffen, während annähernd reife Knollen gänzlich versagten.

Die Schorforganismen erscheinen also in ihren Ansprüchen nicht übereinstimmend. Nur das ist ihnen gemeinsam, dafs sie die Lenticellen bevorzugen; aufserdem sind die jugendlichen Organe mit zarter Korkbekleidung und bei Rüben die Stellen, wo die Würzelchen entspringen, besonders geeignet zu Angriffspunkten für die Mikroorganismen. Diese Stellen werden aber wesentlich gelockert durch nassen Boden, und daher wird die Behauptung erklärt, dafs Nässe die Schorferkrankung begünstigen kann. Aber nasse, schwere Böden sind auch der Durchlüftung schwer zugänglich, und wenn sich im Boden Sub-

---

[1]) BOLLEY, H. L., A disease of beets, identical with Deep Scab of potatoes. Gov. Agric. Exp Stat f. North Dakota. Bull 4, 1891.

[2]) Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte. 1897, S. 177.

[3]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1901, S. 43.

[4]) THAXTER, ROLAND, The Potato Scab. Fourtheenth Annual Report of the Connecticut Agric. Exp. Stat. 1890.

stanzen befinden, welche bedeutende Sauerstoffmengen beanspruchen, so nehmen sie, wenn derselbe von aufsen her dem Boden nicht genügend zugeführt wird, ihn von der lebendigen Pflanzensubstanz. Als solche stark Sauerstoff beanspruchende Massen müssen die Abfallstoffe, Kloakeninhalt, tierischer Dung, Eisenoxydulverbindungen usw. angesehen werden. Wir finden Beispiele, dafs ein gedüngtes Ackerstück schorfige Kartoffeln brachte, während die ohne Stalldung gebliebene Umgebung schorffreieErnteprodukte lieferte [1]).

Bei der Zersetzung des Kloakeninhalts und anderer tierischer Abfallstoffe entstehen aber schädliche Schwefelverbindungen im Boden, und diese werden selbstverständlich giftig auf den Wurzelapparat, fördernd aber auf gewisse Bakteriengruppen wirken können. Sobald solche Vorgänge sich einstellen, können die Schorfbakterien, die neutralen oder alkalischen Boden bevorzugen, besonders gedeihen.

Nun dürften solche Verhältnisse in Tonböden auch bei intensiver Hitze und Trockenheit entstehen; sie können durch Zufuhr von eisenhaltigem Mergel sich bilden, und damit würde sich das Erscheinen und oftmals alljährliche Wiederholen des Schorfes erklären, der nach Mergeln eintreten kann, aber nicht immer sich einstellt. Alle die genannten schorfbegünstigenden Faktoren können in bestimmten Fällen wirklich Schorf hervorbringen und in anderen Fällen nicht. Die gute Wirkung des Kalkes, die bei mehreren Anbauversuchen beobachtet worden ist [2]), wird sich durch seine flockende Eigenschaft, die er auf schliefige Böden ausübt, erklären lassen. Der Boden wird wärmer, lockerer, der Durchlüftung zugänglicher und der tierische Dung vor abwegigen Zersetzungen geschützter. Die leicht durchlüftbaren Sandböden, in denen sich hochkonzentrierte Bodenlösungen nicht lange halten können, sind meist schorffrei. Also die einzelnen sogenannten schorffördernden Substanzen an sich sind nicht schädlich, sondern erst gewisse Kombinationen, die die Bodenzersetzung in ungesunde Bahnen leiten.

Zu der hier geäufserten Anschauung sind wir durch eigne Versuche [3]) geführt worden, welche die Frage beantworten sollten, ob der Schorf sich stets im Acker erhalten und ausbreiten kann. Das Ergebnis war ein negatives. In zwei aufeinanderfolgenden Versuchsjahren waren nämlich nicht nur die von gesundem Saatgut kommenden, sondern auch die von schorfigen Kartoffeln stammenden Knollen mit ganz geringen Ausnahmen gesund. Daraus geht hervor, dafs für die Ausbreitung der Schorfkrankheit im freien Felde die Beschaffenheit des Saatgutes weniger ausschlaggebend ist und die vielfach empfohlenen Beizverfahren überflüssig sind. Die Bekämpfungsmafsnahmen müssen auf eine Änderung der Bodenbeschaffenheit gerichtet sein, namentlich auf Vermeidung der schorfbegünstigenden Substanzen. Betreffs der oft behaupteten Schädlichkeit des Kalkes haben meine Versuche ergeben, dafs Knollen, die teilweise direkt mit Kalk in Berührung gebracht worden waren, gänzlich glattschalig und gesund geblieben sind. In neuerer Zeit sind Mittel, welche die saure Reaktion des Bodens erhöhen sollen, in den Handel gebracht werden (z. B. Sulfarin).

Im Anschlufs an die Schorfkrankheiten der Wurzelgewächse

[1]) Arb. d. D. Landw.-Ges. Jahresbericht d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz 1904.

[2]) Krüger, Fr., Untersuchungen über den Gürtelschorf der Zuckerrüben. Zeitschrift d. Ver. d. Deutsch. Zuckerindustrie. Nov. 1904.

[3]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1899, S. 182.

möchten wir auf ähnliche, noch nicht studierte Erscheinungen an glattrindigen, jungen Bäumen aufmerksam machen. Linden, Ulmen, Eichen usw. zeigen auf gewissen Böden (z. B. bei moorigem Untergrund), in der Umgebung von Adventivaugen oder -trieben runde, sich vergröfsernde, borkig zerklüftende Rindenstellen. Dieser Rindenschorf ist in der Umgebung grofser Städte, wo die Bäume häufig Bauschutt und Abfuhrstoffe im Untergrunde finden, nicht selten.

Eine andere in diese Gruppe zu ziehende Erscheinung bei Gersten- und Weizensaat ist die „Fleckennekrose", d. h. das Auftreten tief dunkelrotbrauner, absterbender Flecke an der Spitze und am Rande der Getreideblätter. Ich habe die Krankheit am intensivsten bisher auf schweren, tonigen oder moorigen Äckern, die dauernd reiche Kalidüngung erhielten und in Flugaschenregionen sich befanden, angetroffen.

Die vorschreitende Metamorphose.

Während wir bei den bisher in diesem Abschnitt besprochenen Fällen mehrfach deutlich das Gemeinsame der Erscheinungen darin erkannt haben, dafs es sich im wesentlichen um den Einflufs von unzweckmäfsiger Konzentration der Bodenlösung handelt, durch welche der Organismus leidet, wollen wir jetzt der Fälle gedenken, bei denen die plastischen Baustoffe unzweckmäfsig gesteigert werden. Auch hier braucht nicht immer ein übermäfsiger Vorrat von Nährstoffen im Boden die Veranlassung zu geben, sondern es kann auch durch verschiedene Ursachen nur eine Gleichgewichtsstörung in der Bildungsrichtung des Individuums, eine Veränderung der Verwendung des plastischen organischen Materials eintreten.

Beispiele dafür sind diejenigen Erscheinungen, welche als vorschreitende Metamorphose angesprochen werden. Es handelt sich hier um den Übergang von Blattorganen in eine morphologisch höhere Ausbildungsform. Die Teratologie klassifiziert solche Umbildungen unter den Namen „Petalodie" und „Pistillodie", d. h. in Fälle, bei denen die Deckblätter oder der Kelch blumenblattartig werden oder Teile der Corolla dem Charakter der Staubgefäfse sich nähern oder diese sowie wirklich dem Staubblattkreise angehörige Organe sich in Fruchtblätter umwandeln. Für die Petalodie bieten die Kulturformen unserer Primeln und Ranunkeln zahlreiche Beispiele. Für die Pistillodie finden wir die schönsten Beläge bei unserem Mohn *(Papaver somniferum)*, der als eine alte Kulturpflanze, ähnlich unsern Kohlgewächsen, in seinem morphologischen Baugesetze schon derart erschüttert ist, dafs er zu Umbildungen seiner Organe sehr leicht neigt. Der interessanteste Fall dürften solche Mohnköpfe sein, die kranzartig an ihrer Basis viele kleine verholzende Anlagen von Köpfchen (in Fruchtblätter übergegangene Staubgefäfse) tragen. Bei gefüllten Knollenbegonien, Tulpen und anderen Liliaceen wurden Exemplare gefunden, bei denen die Staubgefäfse zu Fruchtblättern mit Samenknospen sich umgewandelt hatten. Verwandt damit sind die Erscheinungen der „Zapfensucht" bei den Nadelhölzern, namentlich den Kiefern, wie nebenstehende Figur 54 veranschaulicht.

In der Mehrzahl der Fälle stehen die Zapfen am Grunde eines Jahrestriebes dicht gedrängt und bleiben kleiner als normale, liefern aber keimfähige Samen. Ihre Entstehung an Stelle von männlichen Blüten deutet auf einen lokalen Überschufs an konzentriertem, plastischem Material.

Es spricht dafür auch eine Beobachtung von BORGGREVE [1]), der nach dem Verpflanzen mehrerer etwa 15 jähriger Fichten in dem Botanischen Garten zu Bonn fand, dafs im folgenden Jahre der Terminaltrieb sich in einen weiblichen Blütenstand umgewandelt hatte.

Wenn der Überschufs an plastischen Baustoffen sich darin betätigt, dafs zwar die einzelnen Blattkreise einer Blüte in ihrer Gestalt erhalten bleiben, aber die Achse sich verlängert, sprechen wir von Auseinanderhebungen (apostasis) der Blüten. Es erscheint dann z. B. der Kelch durch ein langes Internodium von der Blumenkrone und diese von den Staubgefäfsen getrennt, usw.

Die vollkommenste Form der Überernährung der Blüten tritt uns in den sogen. „Rosenkönigen" entgegen, d. h. bei solchen Rosen, bei denen aus der Mitte einer Blume eine neue hervorspriefst oder seitlich neue Blumen heraustreten. Wir bezeichnen derartige Fälle als Übersprossung oder Proliferatio. Es entstehen innerhalb einer Blüte oder eines Blütenstandes aufsergewöhnliche Knospen.

Solche Knospen können nun bald zu Blüten, bald zu beblätterten Trieben sich entwickeln. Steht eine solche Adventivknospe im Zentrum einer Blume, so dafs dadurch deren Achse geschlossen und erst durch Entwicklung dieser Knospe fortgesetzt erscheint, so nennen wir eine



Fig. 54. Zapfensucht bei Kiefer. (Nach NOBBE.)

[1]) Forstliche Blätter 1880. Bd. 17, S. 245.

solche Proliferation eine Durchwachsung (diaphysis). Erscheinen dagegen die Adventivknospen in der Achsel irgend eines Gliedes der Blütenkreise oder der Deckblätter, führt die Bildungsabweichung den Namen Achselversprossung (ecblastesis). Die mittelständigen



Fig. 55. Sprossende Birnen.

Versprossungen sind häufiger als die achselständigen, was wahrscheinlich mit dem Umstande zusammenhängt, dafs alle Triebe, welche die direkte Fortsetzung der aufsteigenden Achse bilden, leichter Wasser- und Nahrungszufuhr erhalten als die seitlichen Verzweigungen. Hierfür spricht auch das äufserst seltene Vorkommen von Proliferationen bei Blumen, die einzeln in der Achsel von Blättern stehen.

Die Füllung der Blumen bei Compositen besteht bekanntlich häufig darin, dafs die normal röhrenförmigen Scheibenblumen zu leuchtend gefärbten Zungenblumen werden. Eine Proliferation bei Compositen ist vielfach in der Weise beobachtet worden, dafs an Stelle des einzelnen Blütchens sich vom allgemeinen Blütenboden ein ganzes Köpfchen erhebt. So berichtet MAGNUS[1]) über Exemplare von *Bellis perennis*, die an der Peripherie ihrer Köpfchen zahlreiche, gestielte Sekundärköpfchen besafsen. Dieselbe Erscheinung wurde bisweilen aufser an *Crepis biennis* L. auch noch an *Cirsium arvense* Scop. beobachtet. Überall waren die einzelnen Blütchen derart durchgewachsen, dafs sie zu einer mehr oder weniger langgestielten, oft mit trockenhäutigen Blättchen versehenen, von einem ganzen Blütenköpfchen gekrönten Achse wurden. An der Peripherie eines jeden Sekundärköpfchens können sogar Tertiärköpfchen und mehr Generationen sich entwickeln.

Sprossungen von phanerogamen Früchten sind ebenfalls keine Seltenheiten. Die bekanntesten Beispiele finden wir an unseren Kernobstfrüchten, und zwar bei Birnen mehr als bei Äpfeln. Wir geben in Fig. 55 eine Abbildung sprossender Birnen, bei denen aus einer Frucht eine andere oder auch mehrere hervorbrechen. Die Erklärung dieser Erscheinung ergibt sich von selbst bei der Betrachtung, dafs die Frucht unseres Kernobstes ein Zweig ist, dessen Rinde aufsergewöhnlich stark sich entwickelt. Gewöhnlich ist der Zweig durch die Fruchtblätter an seiner Spitze abgeschlossen; diese entwickeln sich zum Kernhause und tragen in dessem Innern die Samen. Dabei wölbt sich die Rinde des Zweiges, an dessen Gipfel die Blume eingesenkt ist, immer mehr über den Samenanlagen zusammen und wird durch stoffliche Veränderungen und Streckungen ihrer Zellen zum Fruchtfleisch. Wie bei den Durchwachsungen der Rosen kann nun auch eine Birnenblüte durchwachsen, indem der kleine Achsenscheitel zwischen den Fruchtblattanlagen sich wieder streckt, die Fruchtblätter auseinanderdrängt oder gar nicht zur Entwicklung kommen läfst und sich zu einem aus der ersten Birne hervorsprossenden Zweige ausbildet. Derselbe entwickelt an seiner Spitze entweder eine Blüte oder schwillt auch ohne eine solche kreiselförmig auf und stellt so eine zweite Birne in der ersten dar. Entwickeln diese Zweige keine Geschlechtsorgane, dann zeigen die monströsen Birnen im Innern gar kein Kernhaus. Wenn sich die durchwachsende Achse der Birnenfrucht verzweigt, dann sprossen neben der zentralen Birne noch seitliche, kleinere Birnen hervor.

Bei Äpfeln erstreckt sich manchmal die Sprofskraft nur auf einzelne Gefäfsbündeläste in der Frucht; es wölbt sich dann aus derselben seitlich ein Buckel, der sich bis



Fig. 56. Lärchenzapfen mit durchwachsender Achse. (Nach NOBBE.)

[1]) Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XXI. 1879, Sitz. v. 28. Nov.

zu einer kleinen Nebenfrucht steigern kann, hervor. Bildet sich die Seitensprossung bis zur Produktion einer wirklichen Knospe aus, so erhalten wir zwei schräg übereinanderstehende Kerngehäuse. Der Fall hat dann grofse Ähnlichkeit mit den Doppelfrüchten, welche durch Verschmelzung zweier getrennter, seitlich stehender Blütenanlagen entstehen. Ein einfacher Fall ist die Entwicklung einer ruhenden Laubknospe am noch unverdickten Zweigteile der Frucht, nämlich am Fruchtstiele.

Bei den Nadelhölzern zeigt sich die Proliferation im Fortwachsen der Zapfenachse zu einem beblätterten Zweige, was am häufigsten bei den Lärchen (s. Fig. 56) zu finden ist.

Zu den Erscheinungen, bei welchen sich ein Überschufs von plastischem Material geltend macht, gehört auch das Auftreten von Blattorganen an Stellen der Achse, die normalerweise blattlos sein sollen (Chorise) und die Vermehrung der Blattorgane in einem Knoten (Verdopplung, Dédoublement), sowie die Vervielfältigung der Teile eines zusammengesetzten Blattes (Pleophyllie). Das häufigste Beispiel für letzteren Fall sind die vierblätterigen Kleeblätter, über welche eine neue Studie von Tammes [1]) zunächst erwähnt, dafs de Vries durch fortgesetzte Selektion bereits eine Rasse geschaffen habe, deren Individuen sehr reich an vier- bis siebenscheibigen Blättern sind. Es liegt hier wieder ein sehr hübsches Beispiel vor, wie einmal zufällig entstandene Überernährungserscheinungen erblich werden können. Wir haben auf diesen Punkt auch bei den Verbänderungsvorgängen hingewiesen. Bei dem Klee erscheinen einzelne Nervenäste kräftiger und gespalten oder auch der Mittelnerv, und zwar bisweilen über den Blattstiel noch hinaus. Dann trägt jeder Teil des gespaltenen Blattstiels an seiner Spitze einige Blättchen. An den Zweigen zweiter, dritter und vierter Ordnung, bei denen die Nährstoffzufuhr schon nachläfst gegenüber den erstentstandenen, kräftigen Achsen, läfst auch die Pleophyllie nach. Weniger in die Augen springende Beispiele finden wir bei allen Pflanzen; überall zeigen sich in den für die Nahrungszufuhr am günstigsten gestellten Zweigen solche Blätter, die besonders stark entwickelte Blattflächen und dann Gabelungen einzelner Rippenäste erkennen lassen.

Am häufigsten begegnet man solch üppig ausgebildeten Blattformen bei dem sogen. Stockausschlag, also den aus schlafenden und adventiv gebildeten Augen hervorgehenden Trieben an den Stümpfen gefällter Bäume (z. B. *Populus* und *Morus*). Die Gröfsenverhältnisse pflegen weit über das Durchschnittsmafs hinauszugehen, und die Blattformen weichen bis zur Unkenntlichkeit oftmals vom Typus ab. In diesen Fällen haben die neuentstehenden Triebe das gesamte gespeicherte Reservematerial des Baumstumpfes zur Verfügung, und daher die enorme Steigerung ihrer Produktion.

Als verwandte Erscheinungen nennen wir hier auch die Hexenbesen, die wir als „Zweigsucht" ansprechen können. Die Häufung des plastischen Materials an einzelnen Aststellen, die sich allmählich durch proleptische, nestartige Zweigbildung zu verwerten sucht, dürfte in der Mehrzahl der Fälle durch parasitäre Reizung zustande kommen.

---

[1]) Tammes, Tine, Ein Beitrag zur Kenntnis von *Trifolium pratense quinquefolium* de Vries. Bot. Zeit. 1904, Heft XI, S. 211.

In der Regel weichen die abnorm gebildeten Achsen in ihrem Bau von den normalen ab [1]).

Hierher gehört ferner der Rückgang auf die Jugendformen [2]) bei Gehölzen, die nach starken Verletzungen frisch und kräftig austreiben. Auch die sogen. Rosettentriebe, wie sie Fig. 57 von der Kiefer darstellt, sind Folgen lokaler Überernährung, die dadurch zustande kommt, dafs die Bäume äufserst starke Verluste an ihrem Laubkörper (meist durch Raupenfrafs) vorher erlitten haben. Die mobilisierten Baustoffe, welche dadurch ihr Ernährungsgebiet verloren haben, strömen nun den ruhenden Augen, die zwischen den normalen Nadelbüscheln angelegt oder in Form schwächlicher Quirlknospen deutlicher erkennbar sind, zu und veranlassen dieselben zum Austreiben. An Stelle von Nadelbüscheln entstehen dann einfache, breit schwertförmige Nadeln mit gezähntem Rande; in deren Achseln können dann, wie unsere Figur es zeigt, wieder normale Kurztriebe (Nadelbüschel) gebildet werden.

Betrachten wir die geschilderten Fälle in ihrer Gesamtheit, ergibt sich sofort der übereinstimmende Zug in denselben. Es ist überschüssiges Baumaterial in einem Teil der Achse vorhanden. Und zwar ist durch Überernährung wirklich neu vom Blattapparat gebildete organische Substanz einem Achsenteil zur Verfügung gestellt, oder es kommt eine Anhäufung der Baustoffe lokal dadurch zustande, dafs mobilisiertes Reservematerial nicht sein bisheriges Verbrauchsgebiet findet, indem dasselbe durch Verletzungen (Raupenfrafs, Verbifs, Schneidelung, Sturm usw.) verloren gegangen ist. Wirft sich dieses überschüssige Material auf bereits vorhandene Organanlagen, kommt dasselbe in erhöhter Ausbildung der normalen Form oder im Rahmen der vorschreitenden Metamorphose in anderer Organform zum Ausdruck. Gelangen die Baustoffe an einen Vegetationspunkt, werden mehr Organe angelegt. Jeder Vegetationspunkt ist stets das Produkt der ihm zu Gebote stehenden Nahrung; er hält sich nur so lange innerhalb seiner morphologischen Gesetzmäfsigkeit, als der Ernährungsvorgang der bisher übliche war. Steigert sich die Menge der Baustoffe, bildet er mehr Organanlagen, und damit können sich die erblich gefestigten Blattstellungsgesetze ändern und abnorme neue Vegetationspunkte in Form von Knospen sich bilden. Es gibt eben keine unerschütterlichen Merkmale am Organismus, und die Kultur rüttelt fortwährend an dem ererbten Bautypus.



Fig. 57. Rosettentrieb einer Kiefer. In der Achsel der einfachen schwertförmigen Nadeln zeigen sich die Kurztriebe mit Doppelnadeln. (Nach RATZEBURG.) (Vergröfsert.)

Knospendrang (Blastomania A. Br.).

Es ist bereits im vorigen Abschnitt des sogen. „Stockausschlags" gedacht worden. Die Erscheinungen sind überall zu beobachten, wo

[1]) Vergl ZANG, WILH., Untersuch. über die Entstehung des Kiefernhexenbesens. Ber. d. Kgl. Lehranstalt f. Weinbau usw. Geisenheim 1905, S. 235. Ferner bietet die naturwiss. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft neuerdings reichliches Material.

[2]) DIELS, L., Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich. Berlin 1906. Gebr. Bornträger.

alte Stämme von Pappeln, Eichen, Buchen, Kastanien usw. gefällt worden sind. An der Schnittfläche des Stammstumpfes erhebt sich aus der cambialen Zone ein Überwallungsrand, in welchem zahlreiche Adventivknospen gebildet werden. Daſs auch an Wundflächen krautartiger Stengel und Blätter neue Knospen entstehen, zeigen die vielfachen Vermehrungsvorgänge durch „Blattstecklinge“ von Begonien, Gesnerien usw. Als ebenso bekannt vorauszusetzen ist die Eigenschaft der „Viviparität“, d. h. der Entwicklung neuer vegetativer Knospen aus einer unverletzten Blattfläche innerhalb des normalen Entwicklungsganges (*Asplenium*, *Bryophyllum* usw.). Oft beobachtete, nicht normale Fälle sind solche Knospenbildungen bei *Cardamine pratensis*, *Drosera intermedia*, *Arabis pumila* usw. Duchartre sah aus den Blättern von *Solanum Lycopersicum* kleine beblätterte Zweige hervorgehen. Braun beobachtete an den Blättern und namentlich an den Stengeln der Kulturformen von *Calliopsis tinctoria* so überreiche Adventivknospenbildung, daſs er z. B. auf einem etwa 20 cm langen Stengelstück gegen 300 zählen konnte[1]). Auch bei anderen Pflanzen sind derartige Fälle beobachtet worden[2]), und ich sah Exemplare von *Pelargonium zonale* und *peltatum* mit kuchenförmigem, fleischigem Stengelauswuchs an der Basis, der gänzlich mit kleinen Knöspchen bedeckt war. Einzelne kräftigere Exemplare derselben entwickelten sich so weit, daſs man äuſserst kleine Blättchen unterscheiden konnte; die Mehrzahl der Knospen ging zugrunde durch gegenseitigen Druck. Ein gleiches fleischiges Polster bildete einmal *Dahlia variabilis*, die im Vermehrungskasten angetrieben worden war, um aus der Stengelbasis neue Augen zu entwickeln. Die Triebe wurden sofort zu Stecklingen abgeschnitten, worauf aus den Basalaugen der krautigen Zweigstumpfe sich neue Seitentriebe entwickelten, die immer zahlreicher, aber auch immer schwächlicher wurden. Es entstand auf diese Weise eine krautartige Kropfmaser.

Die Kropfmasern der Bäume.

An die vorerwähnte, selten vorkommende Knospenhäufung bei krautartigen Pflanzen schlieſst sich naturgemäſs die Kropfmaserbildung bei Bäumen, die (mit spärlichen Ausnahmen) dadurch zustande kommt, daſs normale Zweiganlagen verhindert werden, ihr Längenwachstum fortzusetzen und statt dessen neue Seitenaugen austreiben. Die aus solchen hervorgehenden Triebe stehen um so dichter, je näher sie der Basis des Mutterzweiges entspringen, weil dort die Internodien am kürzesten sind. Wenn derartige Zweiganlagen durch Verwundungen oder andere Ursachen, wie z. B. gegenseitigen Druck, in ihrem Spitzenwachstum eine Beschränkung finden, treiben auch sie wieder seitliche Sprosse.

Als Beispiel einer ausgezeichneten Kropfmaserbildung, deren Holzkörper nach Entfernung der auffallend dicken Rinde die spieſsigen Fortsätze abgestorbener Knospenkegel zeigt, geben wir die Abbildung (Fig. 58) eines Stammstückes von *Acer campestre*; bei *a* finden wir die Flächenansicht, bei *b* den Querschnitt der spieſsigen Holzkegel, deren Markparenchym durch die dunkleren Innenkreise angedeutet ist.

---

[1]) Braun, A., Über abnorme Bildung von Adventivknospen am krautartigen Stengel von Calliopsis tinctoria Dec. Verh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, XII, S. 151.

[2]) Magnus, P., Verh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, XII, S. 161.

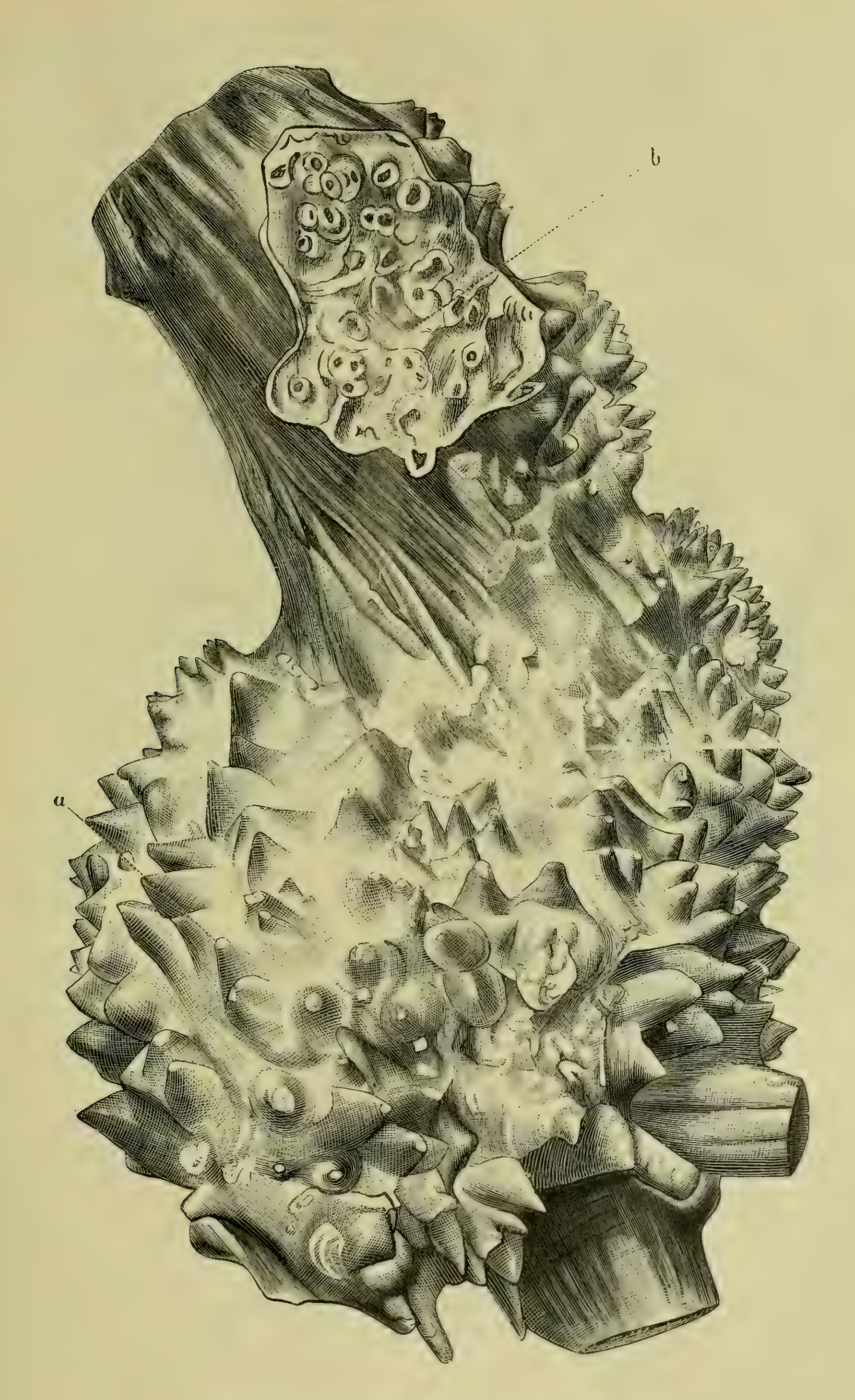


Fig. 58. Entrindete Kropfmaser von Ahorn

Ähnliche Bildungen treten bei sehr verschiedenen Baumgattungen auf, und zwar sowohl an beliebigen Stellen der oberirdischen Achse als auch, obwohl viel seltener, bei Wurzelstockknospen. Besonders bevorzugt sind diejenigen Stellen, an denen Äste abgeschnitten worden sind. Hier beginnen dann die am Astgrunde gehäuften Proventiv- und Adventivknospen sich zu kleinen Trieben zu entwickeln. Die aus dem Cambium des Mutterstammes hervorgehenden Holzelemente nehmen durch die vielfachen Hindernisse, welche diese durchbrechenden Knospenkegel bieten, einen um dieselben herum sich schlängelnden Verlauf. Dadurch mufs eine Verlangsamung in der Leitung des plastischen

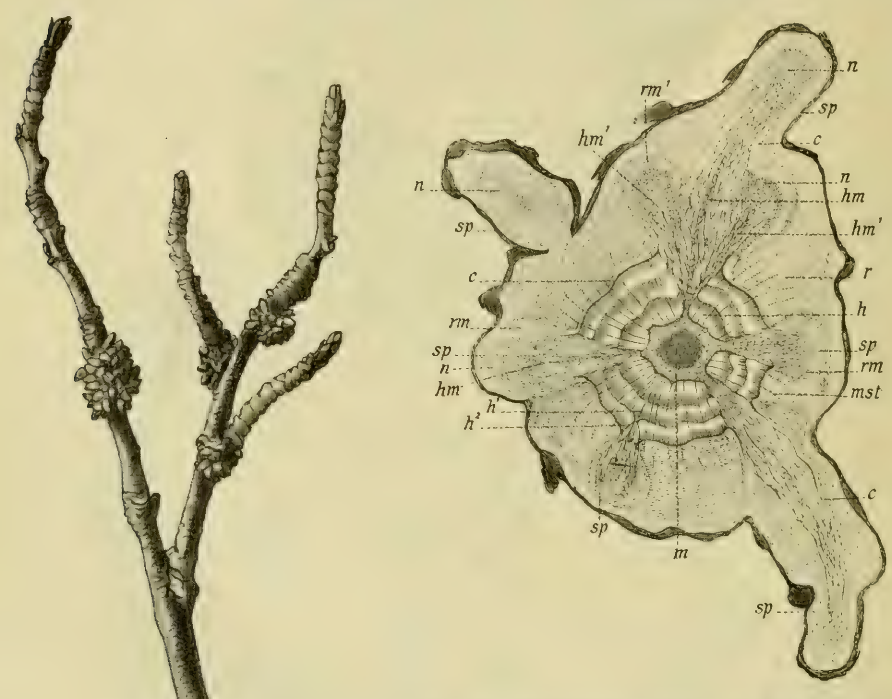


Fig. 59. Maserbildung an Zweigen von *Malus sinensis*. (Nach Kissa.)

Fig. 60. Querschnitt durch ein Maserpolster. Man sieht, dafs die Centralpartie der einzelnen Maserspiefse aus einer Markstrahlerweiterung der Zweigachse hervorgeht. (Nach Kissa.)

Materials nach der Stammbasis stattfinden. Da aber die Masergeschwulst meist einseitig an der Achse auftritt, so dafs die gegenüberliegende Seite frei und der normalen Ernährung dauernd zugänglich bleibt, so leidet die Ökonomie des Baumes wenig.

Nicht immer jedoch ist eine normale Zweiganlage als der Ausgangspunkt von Kropfmaserbildungen vorauszusetzen. Es gibt auch Fälle, bei denen die Maserspiefse aus Markstrahlwucherungen hervorgehen. Einen solchen Fall behandelt eine unter meiner Leitung entstandene Arbeit von Kissa[1]) über Maserbildung bei *Malus sinensis*. Die beistehende Fig. 59 zeigt einen Zweig mit Maserpolstern, die

[1]) Kissa, N. W., Kropfmaserbildung bei Pirus Malus sinensis. Zeitschr. für Pflanzenkrankh. 1900, S. 129.

vorzugsweise aus der parenchymreichen Basis kleiner Fruchttriebe hervorgesprofst sind.

Im Querschnitt erkannte man, dafs die kegelförmigen Spiefse Holzzylinder darstellen, deren Zentralkörper aus verbreiterten Markstrahlen hervorgegangen sind. Derartige Markstrahlen (Fig. 60) sind entweder primäre oder entspringen erst aus einem späteren Jahresringe. Der Holzmantel des Spiesses besteht aus der Fortsetzung des Holzringes des Mutterzweiges. Wie bei einer normalen Seitenachse ist der Maserspiefs mit einer eignen Rinde umgeben und weist auch einen gut ausgebildeten Cambiummantel auf. Ebenso wie ein normaler Zweig verästelt sich der Maserspiefs (Fig. 60 *hm'*) und verlängert sich durch Spitzenwachstum; aber keine dieser Achsen zeigt jemals die Anlage von Blättern oder Knospen.

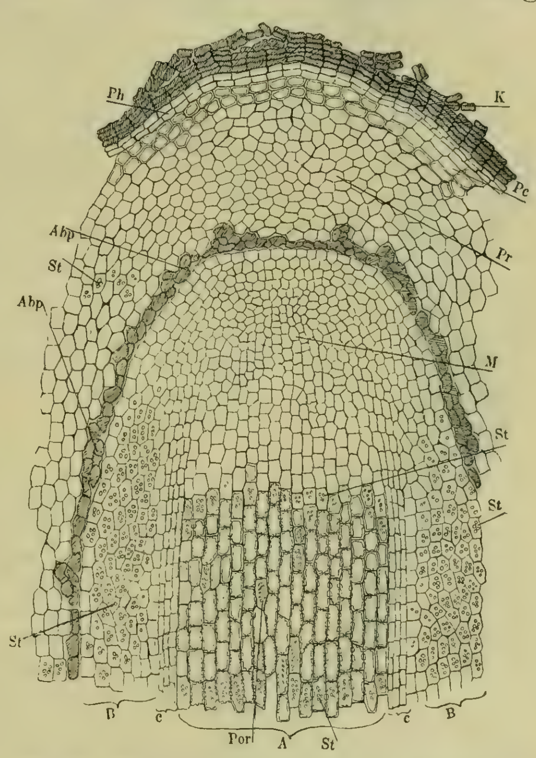


Fig. 61. Längsschnitt durch einen Maserspiefs. (Nach Kissa.)

Die Differenzierung der Gewebe des Maserspiefses erfolgt schon in den ersten Entwicklungsstadien innerhalb der Rinde des Mutterzweiges, der zunächst nur etwas angeschwollen erscheint. Diese Anschwellung wird dadurch hervorgebracht, dafs die Rinde durch eine Anzahl besonders stark entwickelter, mit m e r i s t e m a t i s c h e r K a p p e versehener Markstrahlen aufgetrieben wird. Durch das weitere Spitzenwachstum dieser Neubildungen wird die Rinde des Mutterzweiges schliefslich durchbrochen. Nun tritt der Maserspiefs, mit eigner Rinde bekleidet, als selbständiges Gebilde hervor. Aber das Längenwachstum desselben findet seinen baldigen Abschlufs, da die Rindenkappe und die darunter liegende Meristemschicht vertrocknen. Statt des Spitzenwachstums tritt nun eine basale Seitensprossung bei den einzelnen Maserspiefsen im Innern der Rinde des Mutterzweiges ein.

In Fig. 60, dem Querschnitt eines mit Masern bedeckten Zweiges, sehen wir, dafs die den Markkörper des Maserspiefses bildenden Markstrahlen meist primäre sind, also vom Markkörper des Mutterzweiges ausgehen. *sp* bedeutet Maserspiefs, *m* Mark, *h* Holzteil, *r* Rinde, *c* Cambium, *mst* Markstrahlen des Mutterzweiges, *hm* Holzmantel, *rm* Rindenmantel des Maserspiefses, *n* Meristemkappe des Maserspiefses, *hm'*, *rm'* Holz- und Rindenteil der Seitensprossungen des Maserkegels, *h'* zweiter, *h''* dritter Jahresring.

Fig. 61 ist der stark vergröfserte Längsschnitt durch einen Maserspiefs, der noch innerhalb der Rinde des Mutterzweiges sich befindet. *Ph* ist Phellogen, *k* Korkschicht, *Pc* collenchymatisch verdickte Zellen, *Pr* Parenchym der Primärrinde des Mutterzweiges, welches sich in seinen inneren Lagen mit Stärke zu füllen beginnt, *St* Stärke, *Abp* abgestorbene Lage von Parenchymzellen der primären Zweigrinde, *M* meristematische Spitze des Maserspiefses, *A* Zellen des Holzmantels des Maserkegels mit ihren Poren (*Por*), *c* Cambium, *B* Eigenrinde des Maserspiefses.



Fig. 62. Perlartige Maserbildung bei der Schwarzen Johannisbeere. (Orig.)

Also der Kegelmantel *Abp* aus schraffierten Zellen bildet die Grenze zwischen der Maserspiefsanlage und der Mutterrinde des Zweiges. Erstere gibt sich deutlich als Achsenzylinder zu erkennen, indem ein Holzmantel *A* bekleidet ist mit eignem Rindengewebe *B*, wobei zwischen beiden sich die Cambiumzone *c* kenntlich macht. Der Holzzylinder zeigt sich vorzugsweise aus stark porösem Parenchymholz zusammengesetzt (*Por*). Das Rindengewebe ist reichlich mit Stärke angefüllt. Der junge Maserspiefs verlängert sich durch Spitzenwachstum mittels seiner Meristemkappe und prefst allmählich die angrenzenden Zellen der Mutterrinde zu einer gelblichen verquollenen Schicht (*Abp*) zusammen. Oberhalb dieser abgestorbenen Zelllage ist die Mutterrinde noch ganz gesund; erst wenn der Maserkegel durchbricht, wird sie abgetötet.

Wenn wir im vorhergehenden der Struktur des fertigen Maserkegels besondere Aufmerksamkeit geschenkt haben, so wenden wir uns jetzt ergänzend zu den Vorgängen der Markstrahlerweiterung, welche die Maserkegelbildung einleitet. Ein solcher Fall ist von mir bei *Ribes nigrum*[1]) studiert worden.

Fig. 62 *h* zeigt die gehäuften, perligen bis 1 mm hohen Maserbildungen neben- und zum Teil übereinander. Im Querschnitt Fig. 63 bemerkt man, wie der Holzring des Zweiges in fächerartiger oder fiederiger Verästelung in den Maserkörper ausstrahlt, der hier nicht, wie bei *Malus sinensis* kegelförmig, sondern kugelig-warzenförmig erscheint.

Fig. 63 stellt in *B* die Längsansicht, in *A* den Querschnitt einer Maserwarze dar. *D* ist die normale Zweigachse mit ihrem Markkörper *m* und Holzringe *h*, der nun durch wuchernde Markstrahlen *mst* geklüftet erscheint. Diese Markstrahlen bilden den Ausgangspunkt für die sich fächerartig verzweigenden Maserbildungen (*sp*), die bei weiterer Ausbildung einen centralen Holzkörper (*kh*) und deutlichen Rindenmantel (*r*) erkennen lassen.

Der Querschnitt durch den Zweig an einer solchen warzigen Stelle läfst erkennen (Fig. 64), dafs die Warze eine kegelförmige Wucherung (*k*) der inneren Rinde darstellt, welche die äufseren Rindenschichten

---

[1]) Sorauer, P., Krebs an Ribes nigrum. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1891, S. 77.

gesprengt hat und von ihnen noch lippenartig (*l*) gedeckt wird. Die Ränder der Lippen sind abgestorben; in der Vertiefung ist meist Mycel kenntlich, das auch auf die äufseren, gebräunten und im Absterben begriffenen oder bereits toten Zellen des primären Maserkegels (*p*) übergeht. Verfolgt man das Wuchergewebe, das nach seiner Basis hin einen aus schmalen, netzartig verdickten Gefäfszellen bestehenden, in den normalen Holzring übergehenden Holzmantel besitzt, rückwärts, so bemerkt man, dafs man eine einfache Markstrahlwucherung vor sich hat.

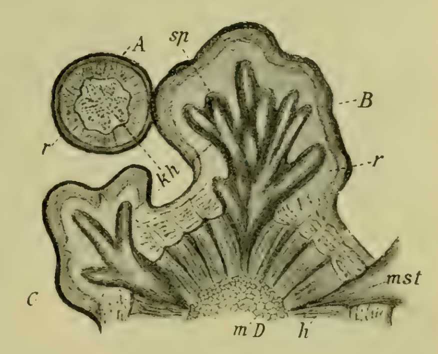


Fig. 63. Querschnitt durch einen mit Masern bedeckten Zweigteil. (Orig.)

In Fig. 64, die eine am weitesten fortgeschritteneMarkstrahlwucherung am Ende des ersten (Entstehungs-) Jahres eines Zweiges darstellt, zeigt die linke Seite noch den normalen Rindenbau; *ak* sind die verkorkten Reste der im Laufe des Entstehungsjahres bereits abblätternden, äufsersten Rindenlagen mit einzelnen Kalkoxalatkristallen. Diese hängen stellenweise noch mit den gefärbten, unverletzten Korklamellen (*gk*) zusammen, welche als fester, gleichmäfsiger Gürtel den Zweig umschliefsen. Unter der Korkschicht liegen die collenchymatisch verdickten Rindenschichten (*co*), und diese grenzen

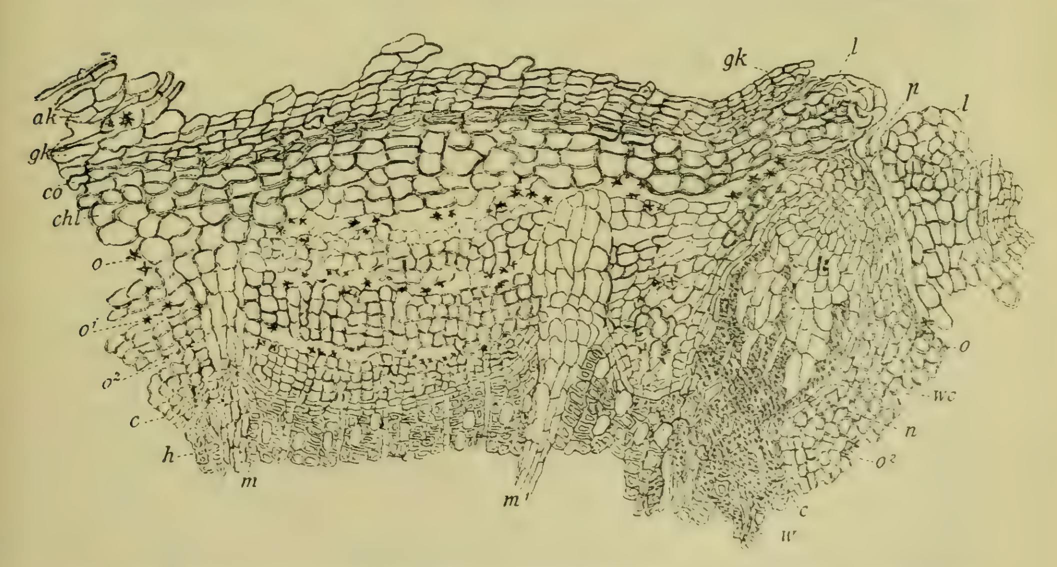


Fig. 64. Querschnitt durch die Rinde der Schwarzen Johannisbeere; linke Seite gesund, rechte Seite mit zunehmender Wucherung der Markstrahlen. (Orig.)

an das Chlorophyll führende Parenchym (*chl*), das sich durch tangentiale Kalkoxalatbinden (o, o^1, o^2) in Zonen geteilt darstellt. An diesen Kristallbinden zeigt auch die normale Rinde des gesunden Zweiges nicht selten tangentiale Lücken, welche dadurch entstehen, dafs die dünnwandig

bleibenden Zellen, welche die kleinen Drusen von Kalkoxalat führen, sehr leicht zerreifsen, so dafs die Kristalle zum Teil freiliegend an den Rändern der Lücke auftreten.

Im Herbst des ersten Jahres sieht man die Phloëmstrahlen bis an die erste Oxalatbinde (*o*) reichen. In diesen Strahlen wölbt sich, wie dies bei unseren Holzgewächsen die Regel ist, die Cambiumzone (*c*) nach aufsen und sinkt über dem Holzkörper (*h*) wieder bogenförmig zurück. Daraus läfst sich erkennen, dafs der Markstrahl als Schwellkörper für die radiale Ausdehnung der Achse funktioniert, sowie der Markzylinder selbst die longitudinale Streckung unterhält.

Der normale Markstrahl (*m*) behält innerhalb der Rinde seine im Holzkörper zuletzt erlangte Zellenzahl durchschnittlich bei, und seine Verbreiterung in der Rinde beruht dann nur auf der gröfseren Ausdehnung der einzelnen Zellen. In der Nähe der Wucherung dagegen findet man nicht selten schon Markstrahlen, deren Zellen an Zahl gewachsen sind (m^1), aber im wesentlichen noch ihre radiale normale Längsstreckung bewahrt haben. Im Wucherstrahl endlich tritt eine aufserordentliche Zellvermehrung ein, und die Cambiumzone wölbt sich steil nach aufsen.

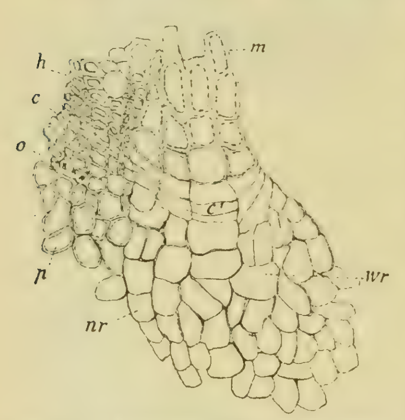


Fig. 65. Markstrahl in den Anfangsstadien der Maserbildung. (Orig.)

Man sieht dies am besten in den verhältnismäfsig seltenen Fällen, in denen Markstrahlen einseitig mit der Wuchergewebebildung anfangen, wie dies in Fig. 65 dargestellt ist. In dieser Fig. 65 deutet *m* die Markstrahlzellen innerhalb des Holzkörpers an, *c* ist die Cambiumzone, die an der rechten Seite ansteigt, linkerseits über dem Holz *h* zurücksinkt; *nr* ist die normale Seite des Rindenstrahls, der an das derbwandige Rindenparenchym *p* anstöfst und sich in Kalilauge durch die gelbere Färbung deutlich von der Umgebung abhebt. In *o* sind die sehr zartwandigen, kleinen Zellreihen mit oxalsaurem Kalk angedeutet; schon hier, in der Nähe der Cambiumzone, lassen die Wandungen dieser Zellen eine eigentümliche körnige Beschaffenheit als Zeichen ihres baldigen Zerfalls erkennen. Auch in der normalen Rinde findet sich ein solcher körnigschleimiger Zerfall dieser Zellbinden und das Heraustreten der Kalkdrusen an die Ränder der entstehenden Lücken. In der wuchernden Seite (*wr*) des Rindenstrahls, dessen Zellen nach Behandlung mit Kalilauge noch dunkler gelb als die auf der normalen Seite werden und nicht selten eine deutlich knötchenartige Aufquellung der Wandung zeigen, richtet sich die Cambiumzone steil auswärts, *c'*, und deutet schon an, dafs sie kappenartig im fertigen Wuchergewebe sich vorwölbt.

Dieses kegelförmige Aufsteigen der Cambiumzone ist in Fig. 64 *wc* ersichtlich. Hier erkennt man, dafs sie sich zu einer Spitzenregion hinzieht, die aber nicht am äufsersten Gipfel des Wuchergewebes liegt, sondern immer gedeckt vom Rindengewebe bleibt; dasselbe stirbt von aufsen nach innen fortschreitend ab, bis auch die meristematische Spitze des Wucherkegels erreicht ist.

Die Meristemzone des Maserkegels beginnt im nächsten Jahre sowohl in der Spitzenregion als auch im basalen Teile Sprossungen zu bilden. Glücklich geführte Schnitte, welche einen Markstrahl in seinem ganzen Verlaufe bloßlegen, zeigen, daß die Bildung der sekundären Achsen wiederum in derselben Weise erfolgt, wie der primäre Maserkegel entstanden ist, nämlich durch Wucherung des in der Rinde verlaufenden Markstrahlteils.

Verfolgt man von einer bereits deutlich als Maseranlage kenntlichen Stelle aus den Bau der Internodien nach immer jüngeren Teilen des Zweiges hin, so sieht man schon in dem noch ganz schwach angelegten Holzringe der Achse, welche die zur diesjährigen Verlängerung des Zweiges bestimmte Terminalknospe trägt, eine Ungleichmäßigkeit im Markstrahlbau. An der Basis der diesjährigen Knospen, in denen der jugendliche Holzzylinder erst die Spiralgefäße der Markkrone und einige Libriformfasern nebst vereinzelten netzförmigen oder porösen Gefäßen besitzt, bemerkt man hier und da einen Markstrahl, der durch die etwas größere Weite der Zellen, etwas stärkere Lichtbrechung seiner Zellwände, seinen ausgeprägteren, geraden Verlauf und seine tiefere Fortsetzung in die Rinde hinein von den anderen Strahlen abweicht. Dabei ist bemerkenswert, daß die am weitesten in die Rinde hineinragende Endzelle des Phloëmstrahls nicht, wie bei den anderen, schmäler als die vorhergehenden, sondern breiter und zwar am breitesten von allen den Strahl zusammensetzenden Zellen ist. Während also die gewöhnlichen Markstrahlen deutlich kegelförmig endigen, hat dieser seine breiteste Seite nach der Peripherie gerichtet. Es ist dieselbe Wachstumstendenz, die sich bei den älteren, bereits als ausgesprochene Wucherstrahlen auftretenden Stadien kenntlich macht. Eine solche Differenzierung im jüngsten Zweigstadium zeigt, wie diese Art der Kropfmaserbildung schon in den ersten Jugendphasen der Achse vorbereitet ist.

Außer den Markstrahlwucherungen gibt es noch andere Faktoren für Rindenauftreibungen, die bei der Einkapselung erkrankter Gewebeherde entstehen. Wir kommen in dem Abschnitt über die „Knollenmaser“, die besser bei den Wundheilungsvorgängen abgehandelt wird, auf diese Punkte zurück.

Kropfmaserbildungen mit hexenbesenartiger Verzweigung hatte ich Gelegenheit an *Prunus Padus* zu beobachten. Ähnliche Gebilde fand ich bei Stachelbeeren[1]). Warzenartige, den beschriebenen bei *Ribes* ähnliche Masern sah ich bei *Cydonia vulgaris*[2]). Auch bei Stachelbeersträuchern in der Nähe von Komposthaufen konnte ich später Maserbildungen in ähnlicher Form wie bei der schwarzen Johannisbeere feststellen[3]). In einem erst kürzlich mir bekannt gewordenen Falle bei der roten Kirschjohannisbeere entwickelten sich aus einem kropfartigen Maserknoten lange beblätterte Triebe, die in den Blattachseln keine ausgebildeten Augen besaßen. An den Stellen, an denen die Markbrücke im Zweignodus sonst zur Knospe führt, war entweder gar keine Meristemlage zu finden, oder dieselbe blieb von einer Rindenkappe bedeckt und gestaltete sich zu einem kleinen Maserspieß. An

---

[1]) Jahresbericht des Sonderausschusses für Pflanzenschutz. Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1898, S. 145.
[2]) Ibid. 1899, S. 188.
[3]) Ibid. 1900, S. 213.

Stelle der Gipfelknospe fanden sich Maserspießanlagen gehäuft und wurden wiederum im nächsten Jahre zur wirklichen Kropfmaser, aus welcher, wie bei *Acer* und *Tilia*, später schwächere, beblätterte Zweige hervorsproßten.

Soweit man aus der Beschreibung ersehen kann, dürften auch die merkwürdigen „Zylindermasern“ (chichi, nipple) an *Gingko biloba* zu den Kropfmasern zu rechnen sein. Nach KENJIRO FUJII[1]) zeigen sich diese chichi oder Zitzen als zylindrische oder kugelförmige Auswüchse, welche in der Regel von älteren Zweigen aus senkreckt nach unten wachsen. Ihre Gröſse wechselt von der Länge eines Fingers bis zu 2 m bei 30 cm Dicke. Sie gleichen normalen Zweigen, denen die Blätter fehlen. Am Boden angelangt, schlagen sie Wurzeln, und dann vermögen sie auch Blätter zu entwickeln. Auch an den Wurzeln sollen ähnliche Bildungen auftreten.

Ich habe derjenigen Form der Kropfmaserbildung, bei der normale Augenanlagen nicht beteiligt sind, eine eingehendere Darstellung gewidmet, weil sie die Wichtigkeit des Markstrahlgewebes in einer Richtung dartut, die bisher nicht die geringste Beachtung gefunden hat. Dankenswerte Hinweise finden wir allerdings bei FRANK[2]), der auch die früheren Beobachtungen über Maserbildungen bespricht; aber es handelt sich hier vorzugsweise um die Erklärung des wimmerigen Verlaufes der Holzfaser bei gemasertem Holze. Wir legen das Hauptgewicht auf die Ursachen, die eine Verbreiterung der Markstrahlen bedingen. Die letztgeschilderte Kropfmaserform ist nur das Extrem einer Neigung zur Markstrahlwucherung, welche uns zu gewissen Krebsgeschwülsten hinüberführt. Bei diesen handelt es sich aber um Vorgänge, die durch Wunden veranlaſst sind, während wir hier keine äuſseren Eingriffe auffinden können, sondern auf innere Störungen im Gleichgewicht der Wachstumsvorgänge hingewiesen werden.

Wir haben es mit lokalen, durch den Ernährungsmodus eingeleiteten Steigerungen der Druck- und Turgorverhältnisse zu tun, und in dieser Beziehung geben uns die Untersuchungen von KNY[3]) einen erwünschten Hinweis. Derselbe fand bei Einwirkung mechanischen Druckes, daſs in den Markstrahlmeristemzellen die Teilungswände eine andere Richtung annehmen und zweireihige Markstrahlen zustande kommen. Was hier ein mechanischer, von auſsen zugeführter Druck tut, muſs nach unserer Auffassung auch der gegenseitige durch Turgorsteigerung zustande kommende Druck der Gewebe aufeinander veranlassen können. Da aber der Turgor — genügende Wasserzufuhr vorausgesetzt — von der Beschaffenheit des Zellinhalts, von seinem Reichtum an wasseranziehenden Verbindungen abhängt, so wird jede gesteigerte Zufuhr an plastischem Material eine Turgorsteigerung und Verschiebung der bisherigen Druckverhältnisse der einzelnen Gewebeformen zueinander veranlassen.

Solche vermehrte Zufuhr von plastischem Material stellt sich ein, wenn in der normalen Ökonomie des Pflanzenteils eine Störung durch Entfernung von Verbrauchsherden stattfindet. Bei den Kropfmaserbildungen handelt es sich vorzugsweise um das Abschneiden von Zweigen, was bei dem Ausputzen der Stämme und der mannig-

[1]) KENJIRO FUJII, On the nature and origin of socalled „chichi“ (nipple) of Gingko biloba. Bot. Magazine vol. IX, No. 105.

[2]) FRANK, A. B., Die Krankheiten der Pflanzen. II. Aufl., I. Teil, S. 82.

[3]) KNY, L., Über den Einfluſs von Druck und Zug usw. Pringsheims Jahrb. . wiss. Bot. 1901. Bd. XXXVII, S. 55.

fachen Arten des Kulturschnittes zur Notwendigkeit wird. Beredte Beispiele dafür finden wir bei unseren Linden, Pappeln, Ahorn usw. in den Alleen in den immer mehr sich vergröfsernden Augenkolonien an denjenigen Stellen der Stämme, an denen ehemals Zweige fortgeschnitten worden waren. Stehen solche Maserkolonien an besonders bevorzugten, für die Assimilationsarbeit hervorragend geeigneten Stellen, dann erlangen einzelne Schossen aus diesen Polstern ein Übergewicht und nähern sich den Wasserreisern.

c. Einflufs von Stickstoffüberschufs.

Wie wir gesehen, sind die Störungen der gestaltlichen Entwicklung des Pflanzenkörpers durch lokale Anhäufung des fertigen Baumaterials zwar wissenschaftlich interessant, aber ohne grofse wirtschaftliche Nachteile. Ja, wir finden sogar, dafs die Kultur derartige Bildungsabweichungen, wie die Füllung der Blumen, absichtlich zu fördern bestrebt ist. Anders aber liegen die Verhältnisse, wenn durch das Rohmaterial die stofflichen Vorgänge einseitig beeinflufst werden. Hier kommt die Düngungsfrage in erster Linie in Betracht, und vor allem handelt es sich um die Störungen, welche durch Stickstoffüberschufs und einseitige Steigerung der Kalizufuhr hervorgerufen werden.

Dafs physikalisch der Boden durch überreiche Zufuhr von löslichen Düngesalzen schädlich beeinflufst wird, haben wir schon erwähnt. Wenn auch die Salze den Boden feuchter halten, so lange atmosphärische Niederschläge ausreichend vorhanden sind, so bilden sie doch eine stete Gefahr für die Pflanzen zu Zeiten der Trockenheit, weil leicht eine zu hoch konzentrierte Bodenlösung entstehen kann, welche den Übertritt des Wassers in die Pflanzenwurzel erschwert[1]). Der Einflufs auf die Pflanzenentwicklung kann nicht ausbleiben. Einen Einblick gewährt die Arbeit von Gerneck[2]), der bei *Triticum* beobachtete, dafs bei Zufuhr von $Ca(NO^3)_2$ eine reichere Wurzelhaarbildung eintrat als bei KNO^3. Bei der Ernährung mit Nitraten fand die Halm- und Ährenbildung spät, dagegen mit Chloriden und Phosphaten früh statt; bei letzteren erschienen die Wurzelzellen stärker verdickt als bei ersteren, bei denen auch die Epidermiszellen und das Blattsclerenchym am wenigsten verholzt waren.

Wir besprechen nun einige Einzelfälle:

Überdüngtes Saatgut.

Die irrtümliche Anschauung, dafs man durch reiche Düngung die Pflanzen zu unbegrenzter Vervollkommnung führen könne, hat das Bestreben erzeugt, dem Samen schon bei der Aussaat eine Nachhilfe durch Dünger zu geben. Man hat entweder den Weg des „Kandierens“ der Samen, d. h. des Überziehens der einzelnen Samenkörner mit einer Nährstoffkruste gewählt oder sich des Einquellens in mehr oder weniger hochkonzentrierte Nährsalzlösungen bedient. Hierbei liefs sich denn

---

[1]) Wollny, L., Untersuchungen über den Einflufs der Salze auf die Bodenfeuchtigkeit. Vierteljahrsschr. d. Bayer. Landwirtschaftsrates 1899. Ergänzungsheft S. 437.

[2]) Gerneck, R., Über die Bedeutung anorganischer Salze für die Entwicklung und den Bau der höheren Pflanzen. Göttinger Dissertation. cit. Just, Bot. Jahresber. 1902, II, S. 301.

alsbald die Erfahrung machen, dafs solche Unterstützung teils nutzlos, teils schädlich ist.

Die Düngungsversuche mit Rüben, welche von FREMY und DÉHÉRAIN ausgeführt wurden, geben schon einigen Aufschlufs über diesen Punkt. Es zeigte sich, dafs schwefelsaures Ammoniak und die Kalisalze einen schädlichen Einflufs auf den Keimungsvorgang ausüben. Schon bei einer Konzentration von 2 ‰ sahen die Versuchsansteller die Keimung ganz ausbleiben. Mit Bohnen, Erbsen, Mais, Raps, Roggen und Weizen vorgenommene Einquellungsversuche von TAUTPHÖUS[1]) ergaben als Resultat, dafs die in destilliertem Wasser eingequellten Samen am besten keimten und dafs die Keimfähigkeit um so mehr herabgedrückt wurde, je konzentrierter die Salzlösungen (Chlorkalium, Chlornatrium, Natronsalpeter, schwefelsaures Kali, phosphorsaures Kali und salpetersaurer Kalk in Lösung von 0,5—5,0 %) wurden. Raps keimte in einer 2 %igen Lösung fast noch ebenso gut, wie in destilliertem Wasser, während die übrigen Samen schon in einer 0,5 %igen Lösung wesentliche Beeinträchtigung zeigten. Auffallenderweise war die Entwicklung der Keimpflänzchen in 3 %iger Kochsalzlösung eine bedeutend üppigere als in destilliertem Wasser.

FLEISCHER[2]) berichtet über einen in Ostpreufsen ausgeführten Saatdüngungsversuch mit Kainit und Superphosphat bei Kartoffeln, von denen ein bedeutender Prozentsatz nicht ausgetrieben hatte, sondern noch als unverändertes Saatgut zur Zeit der Ernte im Boden zu finden war. Die Analyse dieser Knollen ergab im Verhältnis zu den in den WOLFF-schen Aschen-Analysen gegebenen Durchschnittswerten einen mehr als doppelt so grofsen Gehalt an Reinasche; das Kali verhielt sich auf tausend Teile Trockensubstanz bei den nicht gekeimten wie 37 gegenüber 22 bei den normalen. Während der Kalkgehalt fast gleich in den kranken und normalen Knollen war, erschien die Magnesia in ersteren doppelt so grofs, die Phosphorsäure fast doppelt so grofs und der Chlorgehalt dreizehnmal so hoch, als in den normalen Knollen. Auch die Schwefelsäure war auf das Vierfache in tausend Teilen Trockensubstanz gestiegen, so dafs man sieht, dafs gerade die Bestandteile des Kainit's (Kali, Natron, Magnesia, Schwefelsäure und Chlor) in der Asche der nicht gekeimten Knollen eine ungewöhnliche Zunahme erfahren hatten. Im vorliegenden Falle war die Düngung im Frühjahr unmittelbar vor dem Legen der Kartoffeln erfolgt, statt dafs nach Vorschrift der Kainit längerer Zeit vor der Einsaat in den Boden gebracht worden wäre.

In den FITTBOGEN'schen Feldversuchen[3]) mit Hafer, der vor der Aussaat in Superphosphatbrei eingerührt worden war, zeigte die Parzelle mit kandiertem Samen weniger Ertrag als die ungedüngte Parzelle. Wurde dagegen das Superphosphat mit Sägespänen verdünnt, ergab sich die höchste Ernte. Wahrscheinlich wirkt bei der direkten Berührung mit dem Superphosphat neben dem Phosphorsäurehydrat auch das nicht selten auftretende Schwefelsäurehydrat schädlich. Auch BRÜGMANN[4]) berichtet über die schädliche Wirkung der mit Schwefelsäure aufgeschlossenen Düngemittel; diese Wirkung war in trockenen

---

[1]) TAUTPHÖUS, v., Die Keimung der Samen bei verschiedener Beschaffenheit derselben. cit. Bot. Jahresber. 1876, II, S. 117.

[2]) Beobachtungen über den schädlichen Einflufs der Kainit- und Superphosphatdüngung auf die Keimfähigkeit der Kartoffeln. Biedermann's Centralbl. 1880, S. 765.

[3]) Deutsche landwirtschaftl. Presse 1877, Nr. 81.

[4]) Hannover'sche landwirtsch. Zeit. 1881, Nr. 12.

Frühjahren recht ersichtlich und zwar sowohl bei Wiesen- als bei anderen Kulturpflanzen.

Bei Samen wird sich der schädliche Einfluſs des „Kandierens“ um so weniger geltend machen, je längere Zeit dieselben im Boden liegen müssen, bevor sie aufgehen; denn dann kann ein öfterer Regen das Dungsalz in den umgebenden Erdboden besser abspülen, wie schon bei älteren Versuchen in Salzmünde[1]) gefunden wurde.

Überdüngte Rüben.

Bei der bekannten Intensität des Rübenbaues ist die Erfahrung eine allgemeine geworden, daſs gesteigerte Stickstoffzufuhr zwar die Erntesubstanz bedeutend erhöht, aber den Zuckergehalt herabdrückt. Wir begnügen uns deshalb mit einem Hinweis, daſs es auch keineswegs gleichgültig ist, in welcher Form der Stickstoff gegeben wird. PAGNOUL[2]) analysierte drei Rüben, von denen die erste (H) mit einer Lösung von Natronsalpeter, die zweite (J) mit schwefelsaurem Ammon mehrmals begossen wurde, während die dritte (K) eine gleichzeitig geerntete, normale Rübe darstellte.

Es betrug

	H.	J.	K.
das Erntegewicht	4145	2670	785 g
Saftdichtigkeit	1,026	1,040	1,046
Zuckerprozent der Rübensubstanz	3,9	6,3	8,3
Kohlensäure und Chloralkalien auf 100 Teile Rübensubstanz	1,991	0,924	0,814
es kommen davon auf 100 Zucker	28,0	14,6	9,8

Man sieht, daſs die Erntequantität an Frischsubstanz durch die Stickstoffdüngung um 3,5 bis 5,0 mal so hoch geworden als bei normaler Kultur, aber der Zuckergehalt auf die Hälfte gesunken ist. Besonders interessant ist der Vergleich der Wirkung des Salpeterstickstoffs mit dem Ammoniakstickstoff; daſs letzterer einen bedeutend gröſseren Ammoniakgehalt in der Rübensubstanz veranlaſst, ist bereits erwähnt worden.

Neuere Versuche von MÜLLER-THURGAU[3]) ergaben, daſs die Stickstoffpflanzen eine erhöhte Atmung haben, was wohl die Folge einer erhöhten Umwandlung von Rohrzucker in direkt reduzierenden sein dürfte. Es enthielten je 6 Rüben im Durchschnitt

	direkt reduzierenden Zucker	Rohrzucker
die stickstoffreichen	0,34 %	8,27 %
die stickstoffärmeren	0,04 %	14,39 %

Eine Vorstellung über die Vorgänge, die sich bei überreichen Stickstoffgaben einleiten, erhalten wir durch die Angaben von PFEIFFER-WENDESSEN[4]), welcher der Ansicht ist, daſs allerdings der Stickstoff zu Eiweiſs umgearbeitet werde, daſs dasselbe aber in Verbindung mit

---

[1]) Jahresber. f. Agrikulturchemie 1863, S. 60.

[2]) Annales agronomiques 1876, S. 321.

[3]) s. Überdüngte Kartoffeln. S. 390.

[4]) Bericht über die Generalversammlung d. landwirtschaftl. Centralver. f. d. Herzogtum Braunschweig. Blätter f. Zuckerrübenbau 1896, Nr. 8.

Kalk in Asparagin, Glutamin und entsprechende organische Säuren zersetzt wird und dafs diese mit Kalk lösliche Salze bilden, die sich in der Melasse wiederfinden. SCHULTZE bezeichnet auch die nicht vollständig verarbeiteten, intermediären Stickstoffverbindungen als wesentliche Melassebildner, welche die Kristallisation des Zuckers beeinträchtigen. Wie bei der Fabrikation dürften auch in der Pflanze selbst die genannten Verbindungen das Niederschlagen des Zuckers verhindern, so dafs sich dadurch der Zustand der Unreife und Zuckerarmut der überdüngten Rüben erklären liefse. Aufser der Verzögerung der Reife kommt noch die geringe Haltbarkeit der Rüben in den Mieten in Betracht. Phosphorsäure wirkt qualitätsverbessernd; der Saft von Rüben, die sogar mit Phosphorsäure überdüngt waren und schlecht polarisierten, zeigte aber doch die wenigsten die Kristallisation des Zuckers verhindernden Bestandteile.

Über die Kopfdüngung mit Chilisalpeter stehen gute und schlechte Versuchsresultate einander gegenüber. Diese Erfahrung machen wir fast bei allen Versuchen. Das Resultat hängt eben aufser vom Düngerquantum auch von der Form der Verarbeitung durch die Pflanze ab, und dieser Arbeitsmodus ist je nach Varietät, Bodendichtigkeit, Bearbeitung, Lage und Wetter sehr verschieden. Immerhin mufs betreffs der Kopfdüngung auf die Bemerkung von KUNTZE-DELITSCH[1]) hingewiesen werden, dafs der Boden leicht verkrustet und junge Rüben aus Sauerstoffmangel dann stellenweise ganz absterben, ältere aber sich schlechter entwickeln. Jedenfalls sollte nach Ausstreuen von Chilisalpeter unmittelbar die Hacke folgen[2]).

Auch die Frage der Stickstoffdüngung der Samenrüben erhält widersprechende Beantwortung. Während einerseits behauptet wird, dafs die Qualität der Nachkommen leide, widerspricht WILFARTH[3]) auf Grund seiner Versuche dieser Ansicht.

Überdüngte Kartoffeln.

Die Folgen überreicher Stickstoffzufuhr bei den Kartoffeln sind mit den bei den Rüben gefundenen gleichsinnig. Die Resultate, welche MÜLLER-THURGAU[4]) erhalten, lassen sich für beide Feldfrüchte dahin zusammenfassen, dafs bei reichlicher Stickstoffnahrung eine stärkere Entwicklung der Blattflächen und ein gröfserer Chlorophyllgehalt sich einstellen. Damit verbunden aber ist eine Erschwerung der Stärkebildung und schnellere Auflösung derselben in den Blättern, sowie verminderte Speicherung in den Reservestoffbehältern. Die Organe zeigen gröfseren Glykosegehalt, raschere Lösung der Reservestoffe, ausgiebigeren Umsatz der Stickstoffverbindungen, erhöhte Atmung und gesteigertes Wachstum.

Mit dem geringeren Vorrat an Reservestoffen und der schnelleren Veratmung derselben wird auch die geringere Haltbarkeit der Knollen in den Mieten zusammenhängen. Aber der Stickstoffüberschufs wirkt direkt auch fäulnisfördernd, während phosphorsaurer Kalk das Gegen-

---

[1]) cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1896, S. 310.

[2]) Auf die Perchloratwirkung bei Chilisalpeterverwendung wird im Abschnitt der schädlichen Gase und Flüssigkeiten eingegangen werden.

[3]) WILFARTH, H., Wirkt eine Stickstoffdüngung der Samenrüben schädlich usw. Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Zuckerindustrie. Bd. 50, Heft 528, S. 59.

[4]) MÜLLER-THURGAU, Dritter Jahresbericht des pflanzenphysiol. Laboratoriums d. Versuchsstat. Wädensweil. Zürich 1894. S. 52.

teil hervorruft. Ich legte von drei möglichst verschiedenen Sorten in abwechselnden Reihen Knollenstücke gesunder Exemplare und solcher Knollen, die an der schwarzen Trockenfäule[1]) litten, in sandigen Acker. Derselbe wurde in zwei ganz gleich bestellte Hälften geteilt, von denen die eine in sämtlichen Reihen starke Gaben von Chilisalpeter, die andere von Thomasmehl erhielt. Bei dem gesunden Saatgut machte sich in der Chilihälfte ein lückenhaftes Aufgehen der Knollen bemerkbar; von dem kranken Saatgut war fast alles verfault. Ganz scharf abgeschnitten zeigte sich aber, dafs genau dasselbe kranke Saatgut in dem Augenblicke, wo es in die Thomasmehlparzelle eintrat, einen ganz gleichmäfsigen Bestand an gesunden Stauden geliefert hatte.

Gesundes wie krankes Saatgut sämtlicher Sorten hatte in der letztgenannten Parzelle kürzere Stauden mit hellerem Laube und früherer Reife entwickelt, und die Ernte war nahezu doppelt so grofs als bei der Chilisalpeter-Parzelle[2]).

Hierher zu rechnen dürfte auch die Erscheinung sein, welche in den praktischen Kreisen als Eisenfleckigkeit oder Buntwerden der Kartoffeln bekannt ist. Äufserlich normal aussehende Knollen zeigen auf dem frischen Querschnitt braune oder braungraue Gewebestellen. Dabei kann das übrige Fleisch vollkommen gesund sein und weifs bleiben oder aber auch schnell an der Luft eine rostrote Färbung annehmen. Die ursprünglich schon verfärbten Stellen zeigen braune, abgestorbene Zellwände und vielfach noch Stärke. Manchmal und zwar dann, wenn die Schnittfläche nachträglich sich an der Luft rötet, kann man an den Krankheitsherden nur noch Spuren von Stärke, dafür aber Zucker nachweisen.

Während einzelne Beobachter glauben, die Eisenfleckigkeit auf einen Reichtum des Bodens an sauren Eisenverbindungen zurückführen zu müssen, sind andere geneigt, der Nässe die Schuld beizumessen. Nun liegen aber mehrfach Erfahrungen vor, dafs starke Stallmistdüngung bestimmte Sorten eisenfleckig gemacht hat, die in demselben Jahre bei Mineraldüngung gesund geblieben sind[3]). Auch begegnet man den bei dem Zerschneiden sich rötenden Knollen gerade dort am häufigsten, wo reiche Stickstoffdüngung zur Anwendung kommt. Infolgedessen ist man berechtigt, im Buntwerden des Fleisches Anzeichen einer Überdüngung zu erblicken. Eisenfleckige Knollen geben übrigens in der Regel im nächsten Jahre gesunde Pflanzen.

Chilisalpeter bei Holzgewächsen.

Ein Versuch von JANORSCHKE[4]) kennzeichnet die Erscheinungen für den Fall, dafs die Stickstoffzufuhr ohne Beigabe von Kalk und Phosphorsäure erfolgt. Buntblätterige Gehölze wurden für 1—2 Jahre grüner. Bei Zwergobst trieben die Zweige fast ohne Unterbrechung bis August und noch länger, wodurch der Ansatz der Blütenknospen verhindert wurde. Übrigens sei darauf aufmerksam gemacht, dafs die Wirkung bei den Bäumen sich erst in dem der Düngung folgenden Jahre bemerkbar macht, aber dann auch bis zum dritten Jahre nach-

---

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1894, S. 126, und 1895, S. 98.
[2]) Zeitschr. d. Landwirtschaftskammer f. d. Prov. Schlesien 1899.
[3]) s. Jahresberichte des Sonderausschusses für Pflanzenschutz, herausgegeben v. d. Deutsch. Landw.-Ges.
[4]) Zeitschr. d. Landwirtschaftskammer f. Schlesien 1898, Nr. 34.

wirkt. Nach eignen Versuchen, bei denen Latrinendünger gegeben war, möchte ich eine erhöhte Neigung der Früchte zur Fäulnis, namentlich einer vom Kernhause ausgehenden, sowie eine gröfsere Frostempfindlichkeit als Folgen einseitiger Stickstoffüberdüngung bezeichnen. Phosphorsaurer Kalk arbeitet diesem Übel entgegen. Versuche mit Apfelbäumen, die reiche Salpeterdüngung erhalten hatten, zeigten, dafs die gedüngten Bäume stärker von der Blutlaus zu leiden hatten wie andere Exemplare[1]).

Ein anderer Fall ist mir bei *Ailanthus glandulosa* in wohlgepflegten Anlagen vorgekommen. Die Bäume wurden gelblaubig und zweigdürr. An den Schnittflächen frischer Äste entwickelte sich reichliche Penicilliumvegetation. Hier fand sich im Gewebe ein auffälliger Zuckerreichtum.

Bei den Orangenkulturen neigen die gedüngten Bäume zur Gummosis, und die als „*Die-back*“ bezeichnete Krankheit in Florida wird direkt auf Überfütterung mit organischen Stickstoffverbindungen zurückgeführt. Auch sollen derartige Orangenbäume mehr den Insektenangriffen ausgesetzt sein[2]).

Überdüngung bei Gemüsen und anderen Feldgewächsen.

Trotzdem unsere Gemüse sämtlich in ihrer jetzigen Form Produkte hochgradiger Kultur sind und reicher Düngung sich angepafst haben, finden wir doch vielfach Fälle von Erkrankung, namentlich bei Anwendung von Fäkalstoffen. Es läfst sich dann eine Vermehrung der leicht oxydablen, an der Luft sich bräunenden Substanzen beobachten. Dabei tritt stets Bräunung der Gefäfswandungen, nicht selten auch Ausfüllung einzelner Gefäfse mit tintenartiger Flüssigkeit auf. Gerade bei überdüngten Pflanzen ist bakteriose Fäulnis eine häufige Erscheinung. Am wenigsten vertragen den Stickstoffüberschufs die Erbsen und andere Hülsenfrüchte; dagegen sehen wir ein hohes Anpassungsvermögen bei einigen Umbelliferen, wie z. B. bei Sellerie. Aber auch hier wird, namentlich bei den Rieselfeldkulturen, häufig genug das zulässige Mafs überschritten. Wenn die fleischigen Wurzelknollen bei dem Durchschneiden ihre Schnittfläche schnell und intensiv rostfarbig werden lassen, sind sie schon in der Regel weniger wohlschmeckend. Das stärkere Stadium, das in der Marktware grofser Städte häufig zu finden, besteht in der vermehrten Schwammigkeit des Gewebes und reichlicher Braunfleckigkeit desselben. Selbst bei den an die höchsten Konzentrationen der Nährlösung gewöhnten Kohlgewächsen lassen sich bisweilen solche Zustände und damit in Verbindung bakteriose Fäulniserscheinungen auffinden. Hier erweist sich neben der Zufuhr von phosphorsaurem Kalk der fortwährende Gebrauch der Hacke als besonders empfehlenswert.

Der zunehmende Verbrauch der Blattstiele von Rhabarber zu Frühjahrskompott hat den Anbau der Pflanzen auf Rieselfeldern veranlafst. Ich konnte dabei Fälle beobachten, bei welchen ungewöhnlich dicke Stiele gänzlich fade im Geschmack sich erwiesen. Es hängt somit hier eine mangelhafte Produktion oder ein völliger Aufbrauch der organischen Säuren mit der Überdüngung zusammen. Meiner Annahme nach ist

[1]) Fünfter Jahresber. d. Grofsherzogl. Obstbauschule zu Friedberg i. d. W.

[2]) Webber, H., Fertilization of the soil etc. Yearbook U. S. Depart. Agric. for 1894. Washington 1895. S. 193.

dieser Rückgang der Säure bei Stickstoffüberschufs auch anderweitig zu finden und die Ursache des schnellen Eintritts bakterieller Fäulniserscheinungen. (S. Wirkung der Oxalsäure. S. 361.)

Bei den Cucurbitaceen (Gurken und Melonen) kann eine an sich noch nicht gefährliche Konzentration der Nährlösung schädlich wirken, wenn die Temperatur dauernd nicht genügend hoch ist. In diesem Falle sind gummose Erscheinungen in den Früchten am häufigsten, und man bemerkt dabei Schwärzung der Gefäfse.

Bei der Tabakkultur macht sich Stickstoffüberschufs durch rauhere Blätter und gröfseren Nikotingehalt kenntlich[1]).

Dafs bei Getreide die Fäkaldüngung Lagerung und, namentlich bei Hafer, Taubheit veranlassen kann, ist bereits früher erwähnt worden.

Stickstoffüberschufs bei Zierpflanzen.

Hier liegen äufserst zahlreiche Fälle vor. Neben Fäkaldünger und Chilisalpeter oder schwefelsaurem Ammoniak kommen, besonders bei den gärtnerischen Kulturen, die Hornspäne in Betracht. Wir können natürlich nur einzelne Beispiele anführen. Von einer Reihe Pflanzen der *Begonia semperflorens* gab ich einigen schwefelsaures Ammoniak im Überschufs. Vier Tage nach der Düngung wurden die jungen Triebe an ihrer Basis mifsfarbig und begannen sich schlaff umzulegen. Die Blattränder fingen an, schmutzig grüne, später braun werdende und vertrocknende Stellen zu bekommen, die durch eine durchscheinendere Übergangszone mit dem gesunden mittleren Blattgewebe verbunden waren. In der Sonne trat schnelleres Welken ein. Mark und Rinde erwiesen sich mit Kalkoxalatdrusen durchsetzt, deren Einzelkristalle nicht so scharfkantig wie bei den gesunden Exemplaren, sondern mehr knollig abgerundet waren. In den erkrankten Geweben fehlte die Stärke, und die Chlorophyllkörper wurden zu kleinen eckigen Körnchen reduziert. Gefäfse häufig mit braunem, körnigem Inhalt gefüllt. Wandungen des gesammten Gewebes braun. Inhalt der Blattepidermiszellen braunkörnig. Vor dem Zerfall der Chlorophyllkörner zeigten sich im Inhalt der Mesophyllzellen oftmals braune Tropfen.

Bei Begonien sowohl wie bei *Pelargonium zonale*, dessen Blätter sich ebenso verfärbten und leicht nach dem Vertrocknen abfielen, fand ich in der Achse der erkrankten Pflanzen im Mark und der Jungrinde auffällig viel Kristalle von Kalkoxalat. Die Stengel der kranken Pelargonien zeigten durchgängig spärlichere und kleinere Stärkekörner; sie fehlten im Rindenparenchym fast ganz, während die nicht überdüngten Pflanzen dieselben sehr reichlich besafsen.

Es kommt also hier die gleiche Erscheinung wie bei Kartoffeln und Rüben zum Ausdruck, nämlich die Armut an festen Kohlenhydraten.

Bei eben bewurzelten Pelargoniensteeklingen verursachte eine Chilisalpetergabe, die an und für sich klein war, aber durch ihre häufige Wiederholung verhängnisvoll wurde, zunächst ein äufserst üppiges Blattwachstum; dann aber senkten sich die Blätter abwärts, und an der Achse entstanden, stets dicht über dem Blattansatz, braune Faulstellen, die in kurzer Zeit den ganzen Stengel umfafsten. Darauf fielen die Blätter, und die ganze oberirdische Achse starb bis auf einen kurzen Basalstumpf ab. Aus diesem begannen neue kümmerliche

[1]) Schellmann, W., Der Tabak und seine Nahrungsansprüche. „Der Pflanzer". Herausg. Usambara-Post 1905, Nr. 5.

Triebe hervorzubrechen. — Wir haben dieses Beispiel angeführt, um darauf hinzuweisen, daſs die Wirkung der Überdüngung, obgleich dieselbe vom Boden ausgeht, sich nicht an der Basis der Achsen zuerst bemerkbar macht, sondern an den peripherischen Teilen, den Blättern.

Bei vergleichenden Kulturen mit Fuchsienstecklingen[1]) ergab eine fortgesetzte Düngung mit schwachen Gaben von schwefelsaurem Ammoniak eine merkliche Wachstumsteigerung und wesentliche Vergröſserung der Blätter; aber dieselben besaſsen Epidermiszellen mit dünnerer Wandung, und der Holzring der Zweige war schwächer ausgebildet. Stärkegehalt geringer, Chlorophyllgehalt gröſser, Vegetationszeit verlängert. Nachdem die Fuchsien durch Überführung in ein Glashaus vor den Herbstfrösten geschützt worden waren und Zeit gehabt hatten, ihre Entwicklung normal abzuschlieſsen, verschwanden die Unterschiede gegenüber den ungedüngten Pflanzen, und die gedüngten hatten nunmehr den Vorteil der gröſseren Produktion für sich. Hier haben wir einen Erfolg, wie ihn die Landwirte namentlich bei den Futterrübenkulturen wahrnehmen. Die Wirkung der starken Stickstoffgaben macht sich in einer Verzögerung des Reifevorganges bemerkbar. Finden unsere Kulturen noch vor Eintritt der Frostperiode Zeit genug, ihren Entwicklungsgang abzuschlieſsen, so daſs die Blätter sich normal ausleben können, dann haben wir den gewünschten Vorteil von der Düngung durch Erzielung gröſserer Substanzmengen mit normalem Reservestoffvorrat. Aber in der Regel verbieten die klimatischen Verhältnisse den Abschluſs der Vegetation, und die Organe gelangen in unreifem Zustande in den Winter.

Der Nachteil, den das Einbringen ungenügend ausgereifter Organe in die Winterquartiere hat, ist bei den landwirtschaftlichen Ernteprodukten bereits hervorgehoben worden: sie besitzen gröſsere Neigung zur Fäulnis.

Dasselbe Resultat zeigte ein vergleichender Düngungsversuch bei *Erica*. Rotblühende Arten entwickelten in den Versuchsreihen mit einseitiger Stickstoffdüngung weniger lebhaft rote, fast blaurote Blumen; ihr Habitus war schlaffer und der Blütenansatz spärlicher. Die gedüngten Exemplare litten im Winter so stark von *Botrytis cinerea*, daſs sie meist zugrunde gingen, während die nicht gedüngten Pflanzen derselben Sorten an demselben Standort schadlos durch den Winter kamen. Ein anderer Versuch, der den Einfluſs hochkonzentrierter Lösung der gesamten Nährstoffe dartun sollte, wurde von BLUTH[2]) ausgeführt. Die im zweiten Kulturjahr befindlichen Eriken erhielten in fortgesetzten Gaben WAGNER'sches Nährsalz in 1 ‰iger Lösung. Nach 10—12 Tagen trat dunklere Laubfärbung und stärkeres Wachstum ein, aber jetzt schon zeigten diese Pflanzen eine gröſsere Empfindlichkeit gegen Sonnenwirkung und Trockenheit im Vergleich zu den vielen hundert ungedüngten Exemplaren derselben Sorte. Gewisse weiche Sorten (*E. hiemalis, congesta* usw.) entwickelten ihre neuen Seitentriebe schlaffer und mannigfach verbogen. Hartnadelige Arten (*E. blanda, mediterranea, verticillata, mammosa*) behielten zwar ihren aufrechten Habitus, aber der Knospenansatz war auffallend gering oder blieb ganz aus, während die Zweige weiter wuchsen. Auch hier starben die gedüngten Pflanzen

---

[1]) SORAUER, P., Einfluſs einseitiger Stickstoffdüngung. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 1897, S. 287.

[2]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1895, S. 186.

während der Winterzeit durch *Botrytis* gröfstenteils ab. Bei anderweitig mit Hornspänen durchgeführten Düngungsversuchen konnte ebenfalls eine üppige Laubentwicklung auf Kosten des Blütenansatzes der Eriken festgestellt werden; aber es zeigte sich keine gröfsere Hinfälligkeit der gedüngten Pflanzen während des Winters.

Nach den mehrfach gemachten Erfahrungen mufs ich die sich häufenden Klagen über „Versagen der Maiblumen" bei der Treiberei auf Stickstoffüberdüngung zurückführen. Bei der zweijährigen Anzucht der Pflanzen auf dem Felde wird jetzt vielfach Chilisalpeter oder schwefelsaures Ammoniak angewendet.

Die Pflanzen wachsen üppiger und bestechen durch ihre sehr starken (meist blauspitzigen) „Keime" (Knospenkegel) den Käufer; aber die Blütenstände sind in der Anlage schwach. Solche Pflanzen lassen sich schwerer treiben und geben häufig Blütentrauben, bei denen einzelne Glocken nicht zur Ausbildung kommen. Vergleichende Versuche von Koopmann[1]) lieferten sehr interessante Unterschiede bei der Treiberei. Bei Anzucht der Pflanzen mit Kainitdüngung entwickelten sich zuerst die Blütentrauben und die Blätter folgten sehr langsam; dagegen war durch Ammoniakdüngung die Blattvegetation so üppig, dafs die Blütentrauben ganz im Laub versteckt safsen. Im allgemeinen wird man für Maiblumen eine Kalidüngung empfehlen dürfen.

Eine weitere schädliche Wirkung konnte bei Rosen festgestellt werden. Es liegen mir Beobachtungen vor, dafs Teerosen, darunter *Maréchal Niel* und *Nyphetos* in den Glashäusern nach starker Düngung ihre Knospen abwarfen oder an der Übergangsstelle des Kelchbechers in den Blumenstiel abfaulen liefsen. Ein Verpflanzen von eingesandten kranken Topfexemplaren in eine sandige, nährstoffarme Erde hatte zur Folge, dafs im nächsten Jahre sich normale Blumen entwickelten. Ähnliche Fäulniserscheinungen beobachtete ich bei Bourbon- und Remontantrosen im freien Lande nach Fäkaldüngung. Hier hatte das Unterhacken von Gips ein allmähliches Nachlassen der Krankheit zur Folge.

Auch bei anderen gärtnerischen Kulturpflanzen, ja selbst bei Efeu hatte ich Gelegenheit, Fäulniserscheinungen nach Stickstoffüberschufs (meist in Form von Fäkaldünger, Jauche, Chilisalpeter und schwefelsaurem Ammoniak) zu beobachten. Ich habe dann in der Mehrzahl der Fälle das Umsetzen der Pflanzen in reinen Sand oder sehr sandige Lauberde für ein Jahr empfohlen und mehrfach selbst mit Vorteil erprobt.

Die Kräuselkrankheit der Kartoffeln.

Wir reihen hier diese in den Kreisen der Kartoffelzüchter so wohl bekannte und von wissenschaftlicher Seite so vielfach studierte, aber in ihren Ursachen noch nicht erkannte Krankheit ein. Der Grund, weshalb wir der Kräuselkrankheit an dieser Stelle gedenken, ist die auf eigne Beobachtung gegründete Anschauung, dafs die kräuselkranken Triebe die Merkmale einseitiger Stickstoffdüngung erkennen lassen. Nur handelt es sich hier nicht um die direkte Folge derselben, sondern um die Nachwirkung im folgenden Jahre. Die Mutterknolle ist entweder gänzlich oder in einzelnen Augen nicht vollständig ausgereift und zeigt nun bei der Entwicklung im folgenden Jahre eine Erkrankung

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1894, S. 314.

sämtlicher oder auch nur einzelner Triebe. Dieser Punkt ist zu betonen, weil die bisherigen Beobachter bisweilen besonders hervorheben, daſs alle Stengel an einer Knolle erkranken, also die Krankheitsursache in der ganzen Knolle liegen muſs, während meine eigenen Beobachtungen mit Sicherheit das Resultat ergeben haben, daſs die Erkrankung auch an einzelne Augen gebunden sein kann.

Die Krankheit, welche nach Kühn[1]) zuerst im Jahre 1770 in England, 1776 in Deutschland epidemisch auftrat und auſserordentlichen Schaden verursachte, besteht zunächst in einer Verfärbung des Laubes, das nicht mehr das frische Aussehen wie an der gesunden Pflanze besitzt. Der Hauptblattstiel zeigt sich meist nach unten gebogen oder vollständig eingerollt; die einzelnen Blattabschnitte sind gefaltet, wellig hin und her gebogen, mit braunen, meist länglichen Flecken versehen. Letztere dehnen sich auf die Hauptrippe des Blattes und endlich auf den Stengel aus. Zuerst sind nur die oberflächlichen Zellen der Flecke braun; später geht die Erkrankung des Gewebes tiefer ins Innere und im Stengel bis auf den Markkörper. Dabei ändert sich die Stengelbeschaffenheit von der normalen Biegsamkeit bis zur glasartigen Sprödigkeit. Dazu zeigt sich nach Schacht[2]) eine sehr reichliche Zuckerbildung in den kranken Zellen. Wenn sich solche Pflanzen bis zur Ernte wirklich lebendig erhalten, haben sie doch gar keinen oder höchst spärlichen Knollenansatz.

Betreffs der früheren Literatur, in der die verschiedensten Ursachen (auch parasitäre Pilze) angegeben werden, verweisen wir auf die vorige Auflage unseres Handbuches. Neuere Anschauungen finden wir bei Frank[3]), der eine Anzahl verschiedener Formen der Krankheit unterscheidet und in Übereinstimmung mit mir ausspricht, daſs die ersten Anfänge der Erkrankung eine Beteiligung von Pilzen nicht erkennen lassen. Die Ursache des Absterbens des Protoplamas in den einzelnen braunen Gewebeherden ist nicht bekannt. Abweichend von meinen Beobachtungen betont aber Frank, „daſs alle Triebe einer Staude zusammen erkranken.“ (Kampfbuch S. 222.)

Speziell auf die Kräuselkrankheit gerichtete ausgedehntere Anbauversuche mit mehreren Sorten zeigten mir, daſs die Krankheitserscheinungen anfangs bei einer Sorte (*Early Puritan*) allein aufgetreten waren. Die kranken vereinzelt zwischen den gesunden stehenden Pflanzen besaſsen nur ein Drittel der Höhe der gesunden Exemplare und wiesen die bekannten Merkmale, besonders das Knacken der gekräuselten Blätter, auf. An den Blattstielen fanden sich mehrfach verkorkte kleine Riſsstellen. Die ersten Erkrankungsanfänge an den Stengeln fand man an einem der unteren in der Erde befindlichen Internodien, wobei stets eine Schwärzung der Gefäſswandung festzustellen war. Dieses Merkmal läſst sich rückwärts mehr oder weniger tief ausstrahlend in die sonst gesund aussehende Mutterknolle hinein verfolgen. Das zeigt, daſs nicht die Knolle dem Triebe das Krankheitsmaterial gebracht hat, sondern umgekehrt. Ebenso strahlt die Gefäſsbräunung aus dem er-

---

[1]) Kühn, Jul., Krankheiten d. Kulturgewächse. 1858. S. 200. — Ber. aus d. physiolog. Laborat. d. landwirtsch. Instituts zu Halle. 1872, Heft I, S. 90.

[2]) Bericht an das Kgl. Landesökonomiekollegium über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten. 1854. S. 11.

[3]) Frank, A. B., Die pilzparasitären Krankheiten der Pflanzen. Breslau 1896. S. 300. — Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte. Berlin, Parey, 1897. S. 217.

krankten Stengelknoten in die dort entspringenden Wurzeln aus und ist im ganzen äufserlich noch grün erscheinenden Achsenteil bis zu den Rippen der jüngsten Blätter hinauf zu finden.

Besonders auffällig ist das Saftstrotzende der ganz gesund aussehenden Mutterknolle, welche einzelne Zellen mit grofsen, unversehrten Stärkekörnern aufweist. Die stärkeführenden Gruppen liegen zerstreut in dem äufserst turgescenten, aber kaum Spuren fester Inhaltsstoffe aufweisenden, grofse Zellkerne besitzenden, übrigen Parenchym der Knolle.

Bemerkenswert ist ferner, dafs, ebenso wie gesunde und kranke Triebe aus einer Mutterknolle entspringen können, auch die Krankheitsmerkmale an demselben Stengel manchmal auf bestimmte Regionen sich beschränken. Man sieht aus kranken Stengeln gesunde Augen sich entwickeln und findet kranke Stengel, bei denen nur eine Hälfte des Gefäfsbündelringes geschwärzt ist.

So wie andere mit Gefäfsbräunung verbundene Krankheiten beginnt auch die Kräuselkrankheit die ersten Symptome an der Peripherie zu zeigen. Es schwärzt sich zumeist die Cuticulardecke der Epidermiszellen, deren Inhalt dann schwach tintenartig sich zu verfärben beginnt, bis Wandung und Inhalt gleichmäfsig braun geworden sind, und nun die Epidermiszelle zusammensinkt.

Dort, wo die Epidermis an das collenchymatische Gewebe grenzt, sieht man die Verfärbung in den Wandungen desselben fortschreiten; diese werden erst schwach gelblich, dann rotgelb (bei einzelnen Sorten eigenartig blutrot) und schliefslich braun. Diese Wandfärbungen, welche tangential sich schnell auszudehnen scheinen, erinnern an enzymatische Einflüsse.

Der weitere Verlauf der Krankheit stimmt bei den einzelnen Sorten nicht überein, weil wahrscheinlich die Zellwandungen bald lockerer, bald fester gebaut sind. Bei *Early Puritan* wurde beobachtet, dafs die gebräunten Zellwandungen in körnigen Zerfall geraten können, wobei wahrscheinlich stäbchenförmige Bakterien zur Mitwirkung gelangen. In solchen Fällen schwindet das Gewebe; es entstehen Lücken und Einsenkungen im Rindengewebe des Stengels, und nunmehr findet man meist Mycel. Die Einsenkungen vertieften sich bei obengenannter Sorte bisweilen bis auf den Holzring und waren im späteren Stadium der Krankheit auch schon an den noch grünen Stengelspitzen nachweisbar. Von ihnen aus geht aber die Gefäfsbräunung nicht; dieselbe beginnt an der Stengelbasis und pflanzt sich nur im Röhrensystem selbst fort. An den Rifsstellen bemerkt man manchmal Heilungsvorgänge durch schlauchartiges Vorstrecken benachbarter, gesunder Rindenparenchymzellen.

Wenn oben gesagt worden ist, dafs die Krankheitssymptome nicht überall gleich erscheinen, so bezieht sich das z. B. auf das Auftreten brauner Stippflecke an nicht gekräuselten Blättern. Diese Blätter aber besitzen in ihren Blattstielen genau dieselbe schwach tintenfarbige, in einigen Fällen schleimig-körnig sich verdichtende Ausfüllung der Gefäfse, deren Wandung auch gebräunt erscheint.

Die hier geschilderten Merkmale kommen einzeln auch bei anderen Pflanzen mit Stickstoffüberschufs vor. Hält man nun diese Merkmale zusammen mit den Ergebnissen früherer Beobachtungen, so charakterisiert sich die Kräuselkrankheit folgendermafsen. Die Erkrankung tritt besonders gern und stark an zarten, frühen Sorten auf. Ferner besitzen die geernteten Knollen den Charakter der Jugendentwicklung, indem

sie sich durch glattere Schale, schwächeren Stärkegehalt und einen bedeutend höheren Kaligehalt auszeichnen. Hierzu kommt noch eine geringere Gröfse und ein geringerer Gehalt an Trockensubstanz. Aus derartigen Knollen sind mehrfach unter günstigen Umständen wieder gesunde Pflanzen gezogen worden.

Unter den angegebenen Merkmalen haben wir die lange Dauer der saftstrotzenden, noch Stärke führenden Mutterknolle hervorgehoben, und zwar deshalb, weil neuerdings Hiltner[1]) einen hierhergehörigen Fall von Erhaltung, ja sogar teilweiser nachträglicher Vergröfserung der Mutterknolle zur Sprache gebracht hat. Von verschiedenen Seiten sind dieselben Erfahrungen gemacht worden. In dem von Hiltner beschriebenen Falle kam hinzu, dafs diese aus prall gebliebenen Mutterknollen entstandenen Stöcke gar keine unterirdischen, an Stolonen hängenden Knollen entwickelt hatten, sondern solche direkt an den unteren Internodien der grünen Stengel trugen. Diese Stengel waren aber um die Hälfte kürzer als bei normalen Pflanzen und trugen zusammengerollte Blätter, die Hiltner an die Kräuselkrankheit erinnerten. Er glaubt, dafs diese Vorgänge eine Folge davon sind, dafs man unreife Knollen als Saatgut benutzt hat. Diese Saatknollen haben, nachdem sie Stengel entwickelt, das vom Blattkörper erarbeitete Material zunächst dazu benutzt, um selbst noch weiter zu wachsen. Natürlich sei dann zu wenig organische Substanz für die diesjährigen Knollen übrig geblieben.

Wenn wir die Anschauung von Hiltner über das Zustandekommen solcher straffbleibenden Knollen acceptieren, werden wir darauf hingewiesen, in der Kräuselkrankheit eine Folge ungeeigneten Saatguts zu sehen. Die Mutterknollen sind im Vorjahr nicht genügend ausgereift. Dieser Umstand mufs auch in der Ausbildung der einzelnen Augen zur Geltung kommen. Während die Mehrzahl derselben noch Zeit gefunden, sich normal zu entwickeln, können einige im Jugendzustande zum Stillstand gekommen sein, und werden demnach den Jugendcharakter bei dem Austreiben im folgenden Jahre beibehalten. Somit würde sich erklären, dafs man manchmal nur einzelne Triebe kräuselkrank findet. Der Charakter der Jugend ist das Vorherrschen des Kalis und der gröfsere Reichtum an Stickstoffverbindungen bei geringem Niederschlagen von Kohlehydraten als Reservestoffe. Derartige Zustände sehen wir begünstigt, wenn frischer Dung bei frühen Sorten zur Anwendung gelangt und Trockenheit dem Knollenwachstum ein vorschnelles Ende bereitet.

Wenn die Kräuselkrankheit der Kartoffeln, ähnlich der Schrumpfkrankheit der Maulbeerbäume und in Übereinstimmung mit anderen Fällen, die wir bei den „enzymatischen Krankheiten" erwähnen werden, auf einem Überwiegen von Stickstoffverbindungen, die nicht normal verarbeitet werden, beruht, dann würden sich auch die gefundenen Symptome der Schwärzung der Gefäfse und der schnellen Ansiedlung von Bakterien leicht erklären lassen.

Diese Anschauung erhält eine weitere Stütze durch eine Studie von Appel[2]), der unter dem Namen „Bakterien-Ringkrankheit"

[1]) Hiltner, L., Zur Frage des Abbaues der Kartoffeln. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1905, Heft 12.

[2]) Appel, O., Die Bakterien-Ringkrankheit der Kartoffel. Flugblatt 36 d. Kais. Biolog. Anst. Dahlem. 1906.

Erscheinungen beschreibt, die vielfach an die Kräuselkrankheit erinnern. Er macht für die Ringkrankheit Bakterien verantwortlich, und „zwar ist es, ebenso wie bei der Schwarzbeinigkeit, nicht eine einzelne Art, sondern einige sich verwandtschaftlich nahestehende Formen“. „Diese Bakterien sind in manchen Böden zweifellos normalerweise vorhanden...“ Nach diesen Äufserungen möchte ich die Bakterien-Ringkrankheit auch in den Kreis derjenigen Erscheinungen ziehen, bei denen der Parasit nicht das Ausschlaggebende ist, sondern die Beschaffenheit der Mutterpflanze, die den Bakterien den erst zu ihrer Ausbreitung besonders günstigen Mutterboden bereitet. Und solche Zustände werden ähnliche sein können, wie die bei der Kräuselkrankheit geschilderten, bei welcher ich ebenfalls einen weiteren Zerfall der Gewebe durch Bakterien beobachtet habe.

Es scheint somit, dafs wir eine ganze Gruppe von Kartoffelkrankheiten vor uns haben, die das gemeinsame Merkmal der Schwärzung der Gefäfse besitzt und darauf zurückzuführen wäre, dafs unvollkommen verarbeitete Stickstoffverbindungen bei ungenügender Ausbildung der Kohlehydrate ihren Einflufs geltend machen.

Diesem Mangel werden wir nach Möglichkeit vorzubeugen suchen, indem wir alle Mafsregeln durchführen, welche eine allmähliche vollkommene Reife der Knollen am Stocke zulassen.

d. Kalk- und Magnesiaüberschufs.

Unter Hinweis auf die in früheren Abschnitten bereits über die Wirkung des Kalkes erwähnten Beobachtungen heben wir hier zunächst die Mahnung von Orth[1]) hervor, an Stelle einer einzigen sehr starken Kalkzufuhr lieber öfter kleinere Mengen auf den Acker zu bringen.

Selbstverständlich kann ein Kalküberschufs nicht durch bestimmte Zahlen präzisiert werden, da jede Pflanze und jeder Acker ein anderes Kalkbedürfnis haben. Auch kommt es gar nicht auf die absolute Menge bei der Kalkzufuhr an, sondern auf das Verhältnis zu den anderen Nährstoffen, welche durch den Kalk in ihrer Löslichkeit und Wanderungsfähigkeit beeinflufst werden. Endlich kommt aber auch die Witterung zur Zeit des Kalkens in Betracht.

Für die Praxis namentlich beherzigenswert sind die Warnungen, welche Hoffmann[2]) auf Grund vielseitiger Erfahrungen ausspricht. Kalk wirkt schädlich, wenn er in gröfseren Mengen auf kraftlosen Böden zur Verwendung gelangt; auf humusarmen, leichteren, tätigen Böden erweist er sich in trockenen Frühjahren zu stark lockernd und austrocknend und stört die Bakterienarbeit. Kommt er als Mergel zur Verwendung, ist darauf zu sehen, dafs dieser vorher an der Luft gut zerfallen ist, damit etwaige schädliche Bestandteile rechtzeitig oxydiert werden können. Ebenso wie bei anhaltender Trockenheit wird Kalk auch bei stauender Nässe gefährlich, namentlich wenn er als sogen. „Wasserkalk“ mit viel Kieselsäure, Eisenoxyd und Tonerde vermischt ist. Derselbe wird bei feuchtem Wetter leicht zementartig hart.

Aber auch unter normalen Verhältnissen kann der Kalk gefährlich werden; man darf nicht vergessen, dafs bei seiner erwünschten Leistung der Zersetzung der organischen stickstoffhaltigen Substanzen

---

[1]) Orth, A., Kalk- und Mergeldüngung. Anleitung, im Auftrage d. Deutsch. Landw.-Ges. Berlin 1896.

[2]) Hoffmann, M., Düngungsversuche mit Kalk. Arb. d. D. Landw.-Ges. Heft 106.

und der Umformung des entstehenden Ammoniaks in salpetersauren Kalk auch Ammoniakverbindungen verflüchtigt werden. Kommt salzsaures oder schwefelsaures Ammoniak mit kohlensaurem oder phosphorsaurem Kalk zusammen, entstehen das äufserst leicht lösliche Chlorcalcium und Gips und andererseits kohlensaures bez. phosphorsaures Ammon. Bei Versuchen von WAGNER[1] (Darmstadt) beobachtete man einen durch Ammoniakverdunstung entstandenen Stickstoffverlust von 30 % gegenüber einer Salpeterdüngung. Besonders leicht entstehen derartige Verluste, wenn der Boden reich an kohlensaurem Kalk ist, wenn das Ammoniaksalz nur flach untergebracht ist und Sonne und Wind reichlich Zutritt haben: dann kann das durch die Umwandlung des nicht flüchtigen schwefelsauren Ammoniaks entstehende flüchtige kohlensaure Ammon sehr schnell dem Acker entführt werden.

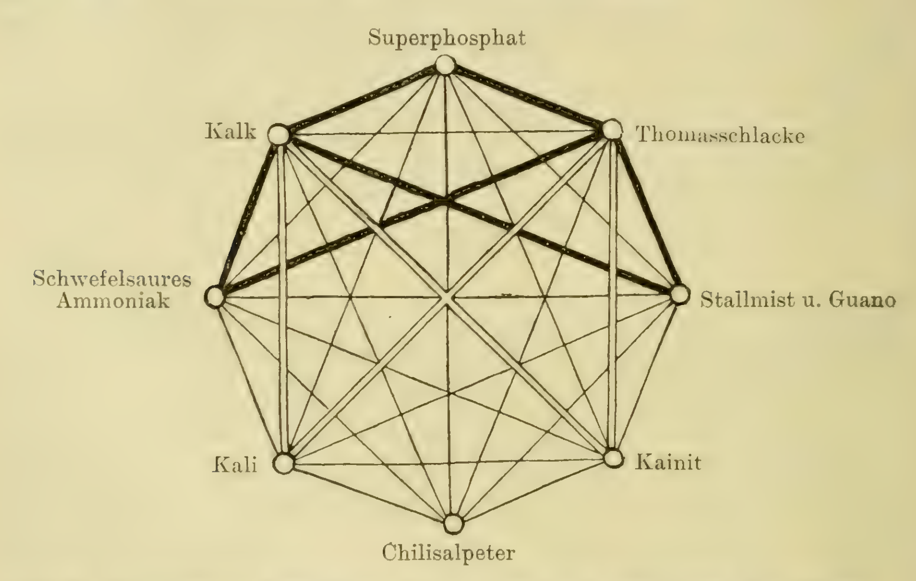


Fig. 66. Schematische Darstellung der günstigen und ungünstigen Beziehungen der Düngemittel zueinander.

Sandige und zugleich kalkreiche Böden werden deshalb nicht für Ammoniakdüngung, namentlich nicht für Kopfdüngung geeignet sein. Aufserdem wird jetzt verständlich, warum man nicht Ätzkalk direkt mit Stallmist oder anderen ammoniakhaltigen Dungstoffen in Berührung bringen soll.

Aufser den genannten Beziehungen hat der Kalk auch seine nicht zu unterschätzende Wirkung auf die Phosphorsäure. Die wasserlösliche Phosphorsäure im Superphosphat wird durch gleichzeitige Kalkung in ihrer Wirkung beeinträchtigt, allerdings nicht so sehr wie die der citronensäurelöslichen Thomasmehlphosphorsäure; am stärksten ist die Behinderung bei der des Knochenmehls.

Es dürfte hier der Ort sein, auf die Beziehungen der Dünger zueinander hinzuweisen, um zu vermeiden, dafs sie gegenseitig einander schädigen, d. h. in ihrer Wirkung beeinträchtigen. An Stelle längerer

[1]) Zeitschr. der Landwirtschaftskammer f. d. Prov. Schlesien. 1904, S. 1683.

Beschreibungen geben wir eine dem „Praktischen Ratgeber im Obst- und Gartenbau“ 1906 Nr. 17 entlehnte Figur wieder.

In diesem Schema bedeuten die dünnen Verbindungslinien für die einzelnen Düngerarten, dafs man dieselben immer zusammenmischen darf. Die Dünger, welche mit Doppellinien verbunden erscheinen, dürfen nur kurz vor dem Ausstreuen miteinander gemengt werden; dagegen darf man niemals diejenigen Dünger miteinander mischen, welche in der Figur mit dicken Strichen verbunden sind.

Der Vergiftungserscheinungen durch Magnesiaüberschufs und der daran sich knüpfenden Theorie von Loew über ein bestimmtes Mengenverhältnis zwischen Kalk und Magnesia im Boden zur Erzielung guter Ernten ist schon in dem Abschnitt über Kalkmangel (S. 302) gedacht worden. Neuerdings hat Loew[1]) seine früheren Mitteilungen ergänzt, indem er darauf aufmerksam macht, dafs das günstige Mengenverhältnis zwischen Kalk und Magnesia im Boden durch keine bestimmten Zahlen stets fixiert werden kann; es ändert sich, sobald die beiden Basen der Aufnahme durch die Pflanze in verschiedenem Grade zugänglich sind.

Gegen die Loew'sche Anschauung sprechen die Versuche von Meyer[2]), von denen wir hier nur hervorheben, dafs sowohl starke Kalk- als auch Magnesiagaben die Ernten sehr beeinträchtigen. Natürlich verhalten sich die verschiedenen Pflanzenarten zu derselben Düngung ganz verschieden; bei derselben Magnesiagabe zeigte beispielsweise Hafer schon einen Rückgang in der Körner- und Strohernte, während bei Roggen dies nicht der Fall war.

Auch Gössel[3]) hält auf Grund seiner Versuche die Loew'sche Ansicht für nicht richtig; indes glauben wir, dafs trotzdem dieselbe beachtenswert bleibt. Man darf sich nur nicht an bestimmte Zahlen binden, weil jeder Kulturversuch andere Verhältnisse bietet. Die Paralysierung der mit den Düngesalzen massenhaft in den Boden gebrachten schädlichen Magnesiaverbindungen wird man stets im Auge behalten müssen. Vor allem handelt es sich um die grofsen Mengen von Chlormagnesium, die mit den sogenannten „Abraumsalzen“ dem Acker zugeführt werden und die den Zuckergehalt der Rüben, den Stärkegehalt der Kartoffeln usw. herabdrücken. Unser Bestreben mufs sein, das nicht absorbierbare Chlor an eine Base, also namentlich an Kalk zu binden, durch die es leicht in den Untergrund gewaschen werden kann.

Schliefslich mufs darauf aufmerksam gemacht werden, dafs dieselbe Kalkmenge einmal schädigend, ein anderes Mal fördernd wirkt, je nachdem dieselbe als kohlensaurer oder schwefelsaurer Kalk gegeben wird. So fand z. B. Suzuki[4]) bei Vegetationsversuchen mit Bergreis, dafs durch eine übermäfsige Gabe von kohlensaurem Kalk (das Verhältnis von Kalk zu Magnesia war 3 : 1) die Ernte beträchtlich herabgedrückt wurde, selbst wenn die Phosphorsäure in leicht löslicher Form vor-

[1]) Loew, O., und Aso, K., Über verschiedene Grade der Aufnahmefähigkeit von Pflanzennährstoffen durch die Pflanzen. Bull. College of Agric. Tokyo, Imp. Univ. vol. VI. No. 4, cit. Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1905, S. 594.

[2]) Meyer, D., Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Kalk- und Magnesiaformen. Landw. Jahrbücher Bd. XXXIII, 1904, S 371.

[3]) Gössel, Fr., Bedeutung der Kalk- und Magnesiasalze für die Pflanzenernährung, Vortrag auf d. 75. Naturf. Vers. (s. Chemikerz. 1903, Nr. 78.)

[4]) Suzuki, S., Über die schädliche Wirkung einer zu starken Kalkung des Bodens. Bull. College of Agric. Tokyo, Imp. University vol. VI. cit. Centralbl. f. Agrik.-Chem. 1905, S. 588.

handen war. Dagegen zeigte die Zufuhr einer äquivalenten Menge Gips eine ungewöhnliche Erntesteigerung namentlich an Körnern. Aus diesem Versuch aber ergibt sich auch, dafs die schädliche Wirkung des Kalküberschusses nicht immer in einer Verminderung des Aufschliefsungsvermögens eines Bodens gegenüber schwer löslichen Phosphorsäureverbindungen zu suchen ist, sondern wahrscheinlich auch ihren Grund in der Neutralisierung der Wurzelsäuren hat.

Durch Abstumpfung der Säuren der Pflanzenwurzeln kann die Aufnahme der verfügbaren Phosphorsäure beeinträchtigt werden. Der grofse Unterschied zwischen der Wirkung des Calciumkarbonats und derjenigen des Gipses erklärt sich leicht dadurch, dafs der Gips aus dem Boden nur so weit, als er in Wasser löslich ist (also in äufserst geringer Menge), aufgenommen wird, während die Aufnahme des Karbonats durch die Pflanzen hauptsächlich von der Säure der Wurzeln abhängt.

Der Kalküberschufs bei dem Weinstock.

Seit der Einführung des Weinbaues mit veredelten amerikanischen Reben sind die Klagen über die Gelbsucht des Weinstockes besonders in den Vordergrund getreten. Beschrieben wird die Krankheit meist als „Chlorose"; nach unserer Anschauung müfste sie als „Icterus" bezeichnet werden.

Selbstverständlich sind die Ursachen für die Gelblaubigkeit, wie bei den anderen Pflanzen, äufserst verschiedener Art: sehr häufig spielt dabei die mit oder ohne Mycelpilze sich einstellende Wurzelfäulnis auf schweren Böden eine Rolle. Namentlich *Vitis Riparia* und *rupestris* mit ihrem feineren Wurzelsystem erweisen sich gegen solche Böden empfindlich, während Sorten mit starken Wurzeln (*Jacquez*, *Herbemont* usw.) sich besser anpassen[1]). Besonders schwer aber ist es, die amerikanischen Reben auf solchen Böden zu erziehen, die viel Kalk in leicht aufnehmbarer Form enthalten und nicht sehr reich an Nährstoffen sind. Die meisten Erfahrungen darüber hatte man in Frankreich Gelegenheit zu sammeln. Luedecke[2]) gibt die Resultate von Bodenuntersuchungen wieder, welche der landwirtschaftliche Verein zu Cadillac 1890 vornehmen liefs. Es enthielt der Boden, der

	keine Gelbsucht und der, welcher der Stöcke zeigte	Gelbsucht
Phosphorsäure	0,07 %,	0,06 %,
Kali	0,39 %,	0,37 %,
Kalk	1,81 %,	18,93 %,
Eisenoxyd	5,90 %,	3,02 %,
Stickstoff	0,10 %,	0,10 %,

Der Gehalt der Böden an Stickstoff, Kali und Phosphorsäure ist also gleich, Eisenoxyd in beiden hoch, aber der Kalkgehalt des Gelbsucht erzeugenden Bodens nahezu zehnmal gröfser. Bei den nunmehr vorgenommenen Düngungsversuchen mit Chilisalpeter, Ammoniak,

---

[1]) Eger, E., Untersuchungen über die Methoden der Schädlingsbekämpfung usw. Berlin, Paul Parey, 1905.

[2]) Luedecke in Zeitschr. f. d. landw. Ver. d. Grofsherz. Hessen 1892, Nr. 41, 1893, Nr. 2.

Superphosphat, Chlorkalium, schwefelsaurer Magnesia und Eisenvitriol zeigte nur der letztere einen hervorstechenden Erfolg. Auf dieser Versuchsparzelle hatten die Stöcke besonders viel neue Wurzeln gebildet. Dieselben Resultate wurden unter ähnlichen Verhältnissen anderweitig auf Böden erzielt, die ebenfalls sehr reich an Eisen von vornherein waren, bei denen also die Eisenvitrioldüngung in ihrer günstigen Wirkung nicht einem vorher dagewesenen Eisenmangel zugeschrieben werden konnte.

Derartige Resultate, die auf den hohen Kalkgehalt der Böden als Ursache der Gelbsucht des Weinstocks hinweisen, liegen vielfach vor[1]), und ebenso zahlreich sind die Beobachtungen über die Wirksamkeit des Eisenvitriols.

Es fragt sich nun, wie man den schädlichen Einflufs des Kalkes und die günstige Wirkung der genannten Eisenverbindung erklären soll? Luedecke fand die aus dem Kalkboden von Rheinhessen kommenden Wässer alkalisch reagierend und sah bei Zusatz eines Eisensalzes (Eisenvitriol, Eisenchlorid), dafs das Eisen ausgefällt wurde. Er zog daraus den Schlufs, dafs, da die Pflanzen nur Eisen in aufgelöster Form aufzunehmen vermögen, das alkalische Wasser aber die Lösung des Eisens verhindert, trotz des vielen Eisens im Boden die Weinstöcke doch Mangel daran leiden und daher icterisch würden. Viala und Ravaz erblicken die schädliche Wirkung des Kalkes in einer Neutralisation des Zellsaftes der Wurzeln (s. Eger).

In Ermangelung weiterer experimenteller Studien müssen wir uns zunächst mit der Tatsache begnügen, dafs grofse Mengen leicht löslicher Kalkverbindungen den Icterus am Weinstock hervorzurufen vermögen und reichliche Gaben von Eisenvitriol sich vielfach nützlich gezeigt haben. Es liegt nun am nächsten, daran zu denken, dafs die Schwefelsäure der Eisenverbindung an den Kalk geht und denselben in den nur sehr wenig sich lösenden Gips überführt, der sich unschädlich oder sogar wachstumsfördernd erweist.

Tatsächlich führt Eger (a. a. O. S. 84) Versuchsergebnisse von Oberlin-Beblenheim an, aus denen sich eine wesentliche Ertragssteigerung nach Gipsdüngung auf reichen Böden ergibt. Da eine gleichzeitig ausgeführte Gipszufuhr zu mageren Böden vollständig erfolglos blieb, so ist wahrscheinlich die günstige Wirkung des Gipses seiner aufschliefsenden Kraft zuzuschreiben.

e. Kaliüberschufs.

Auf die Gefahren, die fortgesetzte reiche Kalidüngung für die Bodenbeschaffenheit hat, ist schon hingewiesen und dabei betont worden, dafs die leichteren und die Moorböden am dankbarsten sich für Kalizufuhr erweisen. In letzterer Zeit hat aber Hollrung auf einen anderen Nachteil der Mineralsalzdüngung überhaupt, also auch der Kalisalze, aufmerksam gemacht. Er weist auf Versuche von Hall hin, welche ergeben haben, dafs sich der Wasserbestand in den Böden völlig ändert. Hall stellte seit 1866 fest, in wieviel Tagen des Jahres die Drainage auf einem ungedüngten gegenüber einem beständig mit Chilisalpeter gedüngten Felde gelaufen hat. Je mehr die Drainage läuft, um so mehr Wasser wird dem Felde entzogen. Obgleich das Ergebnis

[1]) s. v. Babo u. Mach, Handbuch des Weinbaues und der Kellerwirtschaft (s. Eger).

in den einzelnen fünfjährigen Perioden, die zum Vergleich kamen, ein schwankendes war, deutete das Gesamtresultat für den ganzen Zeitraum doch darauf hin, dafs der „gesalzene Boden" weit gröfsere Mengen Wasser durch den Untergrund in die Drainage entlassen hatte, was auf eine ungünstige Umgestaltung des Bodens schliefsen läfst.

Bei dem Einflufs der Kalisalze auf den Pflanzenkörper kommt es darauf an, in welcher Form und auf welchem Boden das Düngesalz zur Anwendung gelangt[1]). Denn es handelt sich wesentlich um die Wirkungen der Nebensalze, die bei der Kalizufuhr dem Boden einverleibt werden. Zurzeit finden der Kainit und das 40%ige Kalisalz die reichlichste Verwendung. Bei Kainit braucht man 3¼ Zentner, wenn man so viel Kali zuführen will, wie in einem Zentner 40%igen Kalisalzes enthalten ist. Unter den im Kainit zugeführten Nebensalzen spielt das Kochsalz eine hervorragende Rolle. Aufserdem kommen schwefelsaure Magnesia und Chlormagnesium in Betracht. Die einzelnen Pflanzen verhalten sich nun sehr verschieden zum Kochsalz: während Zuckerrüben dankbar sich erweisen, ist die Kartoffel sehr empfindlich[2]). Allerdings ist auch bei den Zuckerrüben der Erfolg ein ziemlich trügerischer, da zwar (nach den Versuchen von Aducco und Wohltmann) die Masse der geernteten Rübensubstanz vergröfsert wird, aber der Reinheitsquotient und der Zuckergehalt zurückgehen.

Wegen der Nebensalze prüften Schneidewind und Ringleben[3]) die Kalirohsalze gegenüber den hochkonzentrierten Formen bei verschiedenen Kalkgaben. Bei Kleegrasgemisch, Hafer, Zuckerrüben und Kartoffeln zeigte sich, dafs der Kainit sich dem Chlorkalium und schwefelsauren Kali überlegen zeigte, wenn ausreichende Mengen von kohlensaurem Kalk vorhanden waren; fehlten diese, trat der entgegengesetzte Fall ein. Nahm man den schwerlöslichen Gips statt des kohlensauren Kalkes, erwies sich der Kainit schädlich, besonders für Kleegrasgemisch, weniger für Hafer. Bei Kartoffeln war die Wirkung günstig, sofern die Böden kaliarm waren: bei gröfserem Kalireichtum derselben kam die Überschufswirkung, nämlich Erniedrigung des Stärkegehaltes, zum Vorschein. Die durch die Chloride bewirkte Stärkedepression, die mit einem gröfseren Wasserreichtum verbunden ist, fand Szollema[4]) bei den stärkereichen Kartoffelsorten etwas gröfser als bei den stärkeärmeren.

Bei den Pflanzen, welche gegen die Chlorverbindungen der Kalirohsalze, wie z. B. des Kainits, sehr empfindlich sind, erweist sich manchmal der Nachteil, dafs das Kali während des Herbstes und Winters aus dem Boden teilweise ausgewaschen wird, insofern als vorteilhaft, als dabei auch reichlich die gefährlichen Nebensalze (Kochsalz und Chlormagnesium) ausgewaschen werden, also dem Boden zwar absolut weniger Kali verbleibt, aber dasselbe in reinerer Form zur Geltung kommt. Das Auswaschen von Kali fällt übrigens blofs bei Böden in die Wagschale, welche nur geringe Mengen Kalk und der-

---

[1]) Blätter für Zuckerrübenbau 1905, S. 62.

[2]) Blätter für Zuckerrübenbau 1905, S. 89.

[3]) Schneidewind, W., und Ringleben, O., Die Wirkung der Kalirohstoffe und der reinen Kalisalze bei verschiedenen Kalkformen. Landwirtsch. Jahrb. 1904. Bd. XXXIII, S. 353.

[4]) Szollema, D., Über den Einflufs von Chlor- und anderen in den Stafsfurter Rohsalzen vorkommenden Verbindungen etc. cit. Centralbl. f. Agrikultur-Chemie 1901, S. 516.

artig absorbierende Bestandteile besitzen, wie z. B. bei leichten Sand- und Moorböden[1]).

Von den nachteiligen Wirkungen der Kalidüngung bei andern als den bereits genannten Kulturpflanzen erwähnen wir noch diejenigen die BEHRENS[2]) bei Tabak beobachtet hat. Seine Versuche ergaben nämlich, dafs der Wassergehalt der Blätter beträchtlich stieg, wenn schwefelsaures Kali als Beidünger zu Stallmist gegeben wurde, und dafs damit eine gröfsere Leichtigkeit des Faulens der an der Luft schwerer trocknenden Blätter verbunden war. Dies hängt wahrscheinlich mit der von COPELAND beobachteten Turgorsteigerung durch Kalisalze (Pottasche) zusammen[3]). Natronsalze (Soda) zeigten diese physiologische Wirkung nicht.

Beachtenswert ist die Klage der Landwirte, dafs bei fortgesetzter Kalidüngung die Qualität der Wiesenpflanzen so verschlechtert werde, dafs die mit dem Heu gefütterten Tiere abmagern. Wenn auch diese hochgradige Wirkung noch anzuzweifeln ist, so steht doch fest, dafs häufig eine geringere Schmackhaftigkeit des Heues solcher Wiesen beobachtet worden ist, welche mit Kainit oder Kainit und Thomasschlacke wiederholt gedüngt worden sind[4]).

Die bei verschiedenen Feldfrüchten und Obstbäumen hier und da hervorgetretenen Schädigungen beruhen meist auf unzweckmäfsiger Anwendung der Kalisalze und äufsern sich dann vielfach auch in Nachwirkungen[5]). Man wird denselben am besten vorbeugen durch Vermeidung starker Kaligaben auf schweren Böden, durch Unterlassen der Einbringung des Salzes mit dem Saatgut, durch wiederholte kleinere Kalkgaben und (bei den besonders chlorempfindlichen Pflanzen wie z. B. Kartoffeln) durch Verwendung des 40%igen Kalisalzes und anderer gereinigter hochkonzentrierter Verbindungen an Stelle der Rohsalze.

Die wiederholte Zufuhr kleiner Kalkmengen erweist sich darum nützlich, weil der Kalk im kohlensäurehaltigen Bodenwasser um so mehr ausgewaschen wird, je mehr Kalisalze dem Boden zugeführt werden, da er sich, wie bereits erwähnt, mit ihnen zu löslichen Verbindungen umsetzt. HOFFMANN[6]) empfiehlt, sich womöglich eines hochprozentigen Handelsmergels zu bedienen und davon mindestens 5—7½ dz pro Morgen zu geben. Droht einem Boden die Gefahr der Verkrustung (das „Abbinden“), so bringe man im Herbst mindestens 2½ dz Ätzkalk flach unter und wiederhole dies nach etwa vier Jahren.

f. Phosphorsäure-Überschufs.

Schädigungen durch einen Überschufs an Phosphorsäure sind selten. Sie können wohl nur dort erwartet werden, wo reichlich Superphosphate zur Verwendung gelangen, also eine wasserlösliche Phosphorsäure vorhanden ist. Die citratlösliche des Thomasmehls ist schon schwerer

---

[1]) SCHNEIDEWIND, Auswaschen des Kalis im Winter. Zeitschr. d. Landwirtschaftskammer f. Schlesien 1904, Nr. 14, S. 471.

[2]) BEHRENS, J., Weitere Beiträge zur Kenntnis der Tabakspflanze. Landw. Versuchsstationen 1899, S. 214.

[3]) Bot. Jahresber. 1897, I, S. 72.

[4]) Mitteilungen d. Deutsch. Landw.-Ges. vom 11. März 1905.

[5]) CLAUSEN, Resultate von Obstbaumdüngungen. Landwirtschaftl. Jahrbücher Bd. XXXIII, S. 939.

[6]) HOFFMANN, M., Die Kalisalze. Anleitung. Herausg. v. d. Deutsch. Landw Gesellsch. III. Aufl., 1905.

beweglich. Aber auch die wasserlösliche Phosphorsäure geht alsbald wieder in den unlöslichen Zustand dadurch über, dafs sich im Boden Diphosphate des Calciums, Magnesiums, Aluminiums und Eisens bilden, die nur langsam von der Kohlensäure des Bodens und den sauren Ausscheidungen der Wurzeln gelöst werden. Eine Schädigung durch Superphosphat wird daher selbst bei reicher Gabe nur auf Böden zu befürchten sein, die arm an kohlensaurem Kalk, Eisen und Tonerde sind. Versuche liegen nur in geringer Anzahl vor. Die sorgfältigen Untersuchungen der Versuchsstation Bernburg mit Zuckerrüben[1]), die einbasisches Calciumphosphat, also wasserlösliche Phosphorsäure im Überschufs erhalten hatten, haben gezeigt, dafs ein Rückgang im Zuckergehalt nicht eingetreten ist und auch die Mengen der Rübensubstanz und des Nichtzuckers dieselben wie in normal gedüngten Rüben geblieben sind.

Soweit meine eigenen Erfahrungen reichen, kann sich der Phosphorsäureüberschufs in einer Verkürzung des Wurzelsystems äufsern, wie dies bei allen hochkonzentrierten Lösungen einzutreten pflegt. Aufserdem wird ein vorschneller Abschlufs der vegetativen Periode (Frühreife) eingeleitet. Die Pflanzen kommen nicht zur vollständigen Ausnutzung ihres Laubapparates, der vorzeitig zu vergilben pflegt. Dementsprechend ist die Ernte weniger ausgiebig.

Kohlensäure-Überschufs.

Die Versuche über den Einflufs eines Gehaltes der Luft und des Bodens an Kohlensäure, der weit über das unter den gewöhnlichen Wachstumsverhältnissen vorhandene Mafs hinaus geht, führen zu widersprechenden Resultaten. Während ein Teil der Beobachter nur schädigende Wirkungen erkannt hat, berichtet ein anderer Teil über vorteilhafte Entwicklung. Diese Gegensätze dürften ihre Erklärung dadurch finden, dafs bei der Kohlensäure wie bei allen anderen Nährstoffen die Wirkung davon abhängt, wie gleichzeitig alle sonstigen Wachstumsfaktoren in Tätigkeit sind. Die Pflanzen sind im allgemeinen auf den geringen normalen Kohlensäuregehalt der Luft in ihrer Tätigkeit abgestimmt[2]). Sie werden eine stärkere Steigerung bald durch Hemmungserscheinungen, bald durch Wachstumsförderung beantworten, je nachdem die Steigerung plötzlich oder allmählich eintritt und je nachdem der Reichtum an Licht und Wärme, an Wasser und anderen Nährstoffen dem Individuum gestattet, die vergröfserte Kohlensäuremenge noch zu verarbeiten. Experimentell finden wir diese Anschauung durch Godlewski[3]) bestätigt.

Über die fördernde Wirkung liefern unsere Mistbeetkulturen reichliches Beweismaterial. Nach den Untersuchungen von E. Demoussy[4]) ist es nicht nur die erhöhte Wärme, sondern tatsächlich auch die Steigerung des Kohlensäuregehaltes der Luft in den Mistbeetkästen, die bisweilen mehr als zwei Tausendstel beträgt. Bei den vergleichen-

[1]) s. Vortrag von H. Roemer; cit. Blätter f. Zuckerrübenbau 1905, S. 229.

[2]) Brown, F., u. Escombe, F., Der Einflufs wechselnden Kohlensäuregehaltes der Luft auf den photosynthetischen Prozefs der Blätter und auf den Wachstumsmodus der Pflanzen. — Farmer, J., u. Chandler, S., Über den Einflufs eines Überschusses von Kohlensäure in der Luft auf die Form und den inneren Bau der Pflanzen. Proceed. R. Soc. LXX. cit. Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1903, S. 586.

[3]) s. Sachs. Arbeit. d. Bot. Instituts zu Würzburg. Heft III.

[4]) Compt. rend. de l'Acad. d. sciences 1904. cit. Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1904, Heft 11, S. 745.

den Kulturen hatte die Mistbeetluft, die nach sorgfältiger Prüfung kein Ammoniak erkennen liefs, nahezu das dreifache Erntegewicht gegenüber den in gewöhnlicher Luft unter sonst gleichen Umständen erwachsenen Pflanzen geliefert.

Dafs die Versuche in sterilisiertem Boden gegenüber dem nicht sterilisierten viel geringere Erntemengen erkennen lassen, schreibt der Verfasser der Abtötung der Mikroorganismen zu, die durch ihre Tätigkeit bei der Zersetzung zur Kohlensäureproduktion beitragen. Und es ist auch wahrscheinlich, dafs die dicht am Boden bleibenden Gewächse eine Wachstumsbegünstigung durch die aus der Erde beständig entweichende Kohlensäure erfahren, da mehrfach festgestellt ist, dafs die Luft an der Oberfläche der Erde mehr als drei zehntausendstel Kohlensäure enthält.

In einer Luft, in der die Kohlensäure eine fünfmal höhere Spannung als normalerweise hatte, nahmen eine grofse Anzahl verschiedener Pflanzen um etwa 60% mehr an Gewicht zu als in gewöhnlicher Luft; auch blühten dieselben früher und reichlicher[1]).

Vermögen die Pflanzen, die selbstverständlich je nach Art und Individualität sich verschieden verhalten, die gebotene Kohlensäuremenge nicht mehr zu bewältigen, mufs Funktionsstockung eintreten. Kosaroff[2]) unterscheidet eine spezifisch schädigende Wirkung und eine indirekte durch Verminderung des Partialdruckes bezw. Entziehung des Sauerstoffes. Infolge der Depression des Transpirationsstromes zeigt sich ein Welken der Pflanzen. Böhm[3]) beobachtete ebenso wie Saussure eine Verzögerung der Keimung, indem mit zunehmender Kohlensäuremenge die Wurzeln und Stengel immer kürzer wurden. Chlorophyllausbildung und Assimilation waren wesentlich vermindert.

In einer Kohlensäureatmosphäre kann bei Gelenkpflanzen (Gramineen, Commelinaceen usw.) weder der Schwerkraftreiz perzipiert werden, noch vermag ein in Luft perzipierter Reiz eine Krümmung einzuleiten[4]).

Schliefslich sei noch darauf hingewiesen, dafs bei Eintritt von Kohlensäureüberschufs erst eine fördernde und allmählich später die störende Wirkung sich einstellen kann. In diesem Sinne sind die Versuchsergebnisse von Brown und von Farmer[5]) zu deuten, welche beobachteten, dafs bei vermehrtem Kohlensäuregehalt der Luft sich nach acht bis zehn Tagen in mehreren Fällen eine tiefer grüne Färbung aller Chlorophyll führenden Pflanzenteile geltend machte und der Stärkegehalt vermehrt wurde. Aber aufserdem trat eine Verkürzung und Verdickung der Internodien, Einrollung der Blätter bis zur gänzlichen Verkümmerung und Abstofsen der Blütenknospen bezw. gänzlicher Ausfall der Blütenanlagen ein.

In der Praxis sind derartige Verhältnisse, wie sie im Experiment geboten worden sind, kaum jemals zu fürchten. Am häufigsten dürften solche Fälle vorkommen, dafs bei der Mistbeetkultur der Dünger zum Erwärmen der Kästen zu viel Kohlensäure entwickelt. Hier wird vorsichtiges Lüften (auch bei Frosttagen) die Gefahr beseitigen.

---

[1]) Demoussy, E., Sur la végétation dans des atmosphères riches en acide carbonique. Compt. rend. CXXXIX, S. 883.

[2]) Kosaroff, P., Die Wirkung der Kohlensäure auf den Wassertransport in den Pflanzen. Bot. Centralbl. 1900, Bd. 83, S. 138.

[3]) Sitzungsber. d. Wiener Acad. 1873 vom 24. Juli.

[4]) Kohl, Die paratonischen Wachstumskrümmungen der Gelenkpflanzen. Bot. Zeit. LVIII, 1900, S. 1.

[5]) a. a. O.

Zweiter Abschnitt.

Schädliche atmosphärische Einflüsse.

Viertes Kapitel.

Zu trockene Luft.

Die Knospenbeschädigung.

Der Mangel einer genügenden Luftfeuchtigkeit ist ein bisher äufserst wenig berücksichtigter Faktor bei der Entstehung von Krankheitserscheinungen, trotzdem wir demselben z. B. bei den Zimmerkulturen beständig begegnen.

In welcher Richtung sich eine anhaltende, grofse Armut der Luft an Feuchtigkeit geltend machen wird, ersieht man aus den Eigenschaften der xerophilen Gewächse. Als Beispiel erwähnen wir die Beobachtungen von Grevillius[1]), der bei den Pflanzen eines baumlosen Kalkplateaus fand, dafs sich namentlich eine Verdickung der Epidermis mit ihrem Wachsüberzuge oder als Ersatz eine stärkere Behaarung bemerkbar machten. Diese Merkmale treten an den Blättern um so stärker hervor, je höher dieselben am Stengel stehen. Die Epidermiszellen sind gegenüber den Normalformen gewöhnlich etwas kleinluniger, die Palisaden breiter und dichter aneinander geschlossen, Intercellularräume geringer. Die mechanischen Gewebe in Achsen und Blattstielen sind stärker entwickelt, Markkörper minder kräftig, kleinzelliger, aber stärkereicher. Diese Veränderungen treten freilich fast immer in Verbindung mit grofsem Wassermangel im Boden auf, wodurch das Urteil darüber, welchen Einflufs die Trockenheit der Luft und die dadurch bedingte übermäfsige Transpiration allein ausüben, schwer zu fällen ist. Einzelne Vorgänge aber sehen wir sich einstellen, wenn bei genügendem Wasservorrat im Boden die Luft anhaltend heifs und trocken ist, und diese werden hier zu erörtern sein. Es sind teils Hemmungserscheinungen im Knospenleben oder in den Keimungszuständen, teils Störungen in ausgewachsenen Blättern, welche zum sommerlichen Laubfall führen.

Betreffs des Knospenlebens haben wir zwei Zustände auseinanderzuhalten: die Öffnung der Knospen und ferner das Hervorbrechen des jungen Triebes kurz nach Entfaltung der Knospen. Setzt eine längere Trockenperiode im zeitigen Frühjahr ein, wo sie in der Regel bei andauerndem Ostwind sich erhält, so wird der auf abwechselnder Wirkung von Sonnenschein und Regen beruhende Öffnungsvorgang der Knospe behindert. Die in dem Knospenschuppengewebe vieler Baumarten meist durch Membranschmelzung entstehenden Gummimassen müssen zur Erleichterung der Knospenentfaltung durch Regen erweicht sein, während die harzartigen und teilweise balsamischen Schmelzungsprodukte in den Knospenschuppen, durch den Sonnenschein erwärmt und erweicht, dem Druck der schwellenden Knospe gleichzeitig nachgeben. Bei anhaltend trockner, meist windiger Frühjahrswitterung wird die Knospenentfaltung

[1]) Grevillius, Morphologisch-anatomische Studien üb. d xerophile Phanerogamen-Vegetation der Insel Oeland. Englers Jahrbücher 1897, XXIII, S. 24.

nun dadurch gestört, dafs die Innenseite der Knospenschuppe an ihrem notwendigen Wachstum verhindert wird und sich nicht genügend zurückschlagen kann.

Bei der zweiten Art der Schädigung wird die hervortretende, junge Triebspitze plötzlich den scharfen Sonnenstrahlen und der hochgradigen Verdunstung in abnorm trockner Luft ausgesetzt, nachdem sie bereits den vor zu starker Verdunstung schützenden Mantel der Knospenschuppen abgestreift hat. Zum Verständnis dieser Vorgänge geben wir nach Grüss [1]) einige Abbildungen.

In Fig. 67 finden wir den Querschnitt durch die Knospendecke der Eiche, bei Fig. 68 den von *Pinus Mughus.* Man unterscheidet leicht die einzelnen Schuppen, die fest übereinandergeschachtelt erscheinen, an der stark entwickelten Epidermis der Aufsenseite und findet bei Vergleich der beiden Knospenhüllen die Steigerung der Schutzvorrichtungen bei dem Nadelbaum durch Einlagerung der Harzmassen (*h*). An dem Querschnitt der einzelnen Deckschuppe bemerkt man, dafs ihre Aufsen- oder spätere Unterseite besonders stark verdickte Elemente besitzt. Bei *Pinus* sind die Epidermiszellen in hohem Grade sklerenchymatisch verdickt. Bei der Wintereiche, deren Knospendecke im vorliegenden Falle aus acht einzelnen Schuppen zusammengesetzt ist, sind die unterhalb der Epidermis befindlichen Zelllagen die stark verdickten, so dafs das Lumen fast ganz verschwindet. Die Sommereiche *Qu. pedunculata* Ehrh. verhält sich etwas abweichend. Infolge der sklerotischen Elemente in den Deckschuppen behalten dieselben, wenn sie im Frühjahr sich durch Basalwachstum vergröfsern, eine gewisse Steifheit und bleiben dem hervorbrechenden Triebe länger angelegt. Dadurch beschützen sie ihn länger vor den gefährlichen Temperaturschwankungen. Die Eiche in den wärmeren Mittelmeerländern, *Quercus Ilex* L., hat die sklerotischen Elemente

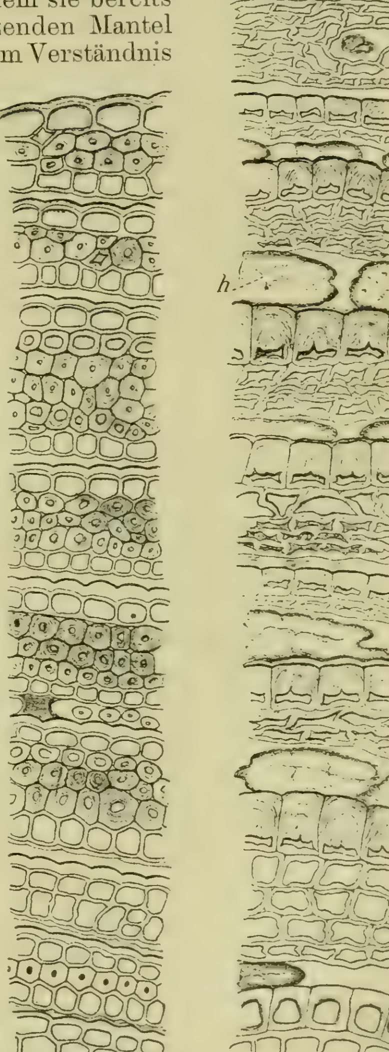


Fig. 67. Querschnitt durch die Knospendecke von *Quercus sessiliflora* Sm. (Nach Grüss.)

Fig. 68. Querschnitt durch die Knospendecke von *Pinus Mughus* Scop. (Nach Grüss.)

[1]) Grüss, J., Beiträge zur Biologie der Knospe. Pringsheims Jahrb. f. wissenschaftliche Bot. Bd. XXIII, Heft 4, S. 637 ff.

in ihren spärlicheren Knospendecken nicht oder kaum angedeutet. Hier handelt es sich um Schutz gegen die sommerliche Trockenperiode und dazu dienen ein Haarapparat, der sich aus der Epidermis, und eine Korklage, welche sich aus dem subepidermalen Gewebe entwickelt.

Zur Zeit des Laubausbruchs wächst nun die Innenseite der dachartig bisher zusammengeneigten Schuppen, die bekanntlich nichts anderes wie reduzierte, auf ihren Stipularteil beschränkte Blätter sind, an der Basis weiter, während die sklerotisierte Aufsenseite dies nicht tut. Folglich wird die Basis der nunmehr vom Rand her vertrocknenden Schuppe fleischig, polsterförmig und drückt sie somit gespreizt nach aufsen. Dies ist der Zeitpunkt der Gefahr; denn nun ist der zarte Vegetationskegel nahezu schutzlos den Temperaturschwankungen ausgesetzt. Daher finden wir im Frühjahr bei Eichentrieben bisweilen durch Frosteinwirkung hervorgerufene innere Zerklüftungen (siehe Kapitel Frostwirkungen) oder Schrumpfungserscheinungen durch Trockenheit infolge anhaltender scharfer Ostwinde.

Gleichviel auf welche Weise bei den einzelnen Baumarten der Schutzapparat der Knospenschuppen gebildet wird, ob aus sklerotischen Zelllagen oder aus Korkschichten, Haarfilzen oder Harzmassen, so steht die eine Tatsache fest, dafs diese Apparate je nach der Witterung und Nahrungszufuhr zur Zeit ihrer Anlage sich in den verschiedenen Jahren verschieden ausbilden und demnach im folgenden Frühjahr von verschiedener Schutzkraft sind. Wenn z. B. der Sommer feucht und trübe gewesen, neigen die Deckschuppen in ihrer Entwicklung mehr zur Natur des grünen Laubblattes, und die Zellen werden gröfser, aber weniger verdickt; sie reagieren im Frühjahr schneller auf die Turgescenzsteigerung der Gewebe und werden schneller auseinanderweichen. Damit wird der Vegetationskegel frühzeitig den Unbilden der Frühjahrswitterung ausgesetzt und dabei zu schnell seines Transpirationsschutzes beraubt.

Dieser Faktor ist nicht zu unterschätzen; denn Grüss (l. c. S. 649) berichtet, dafs, als er von einer Eichenknospe die äufseren stärkeren Deckschuppen entfernte, er fast regelmäfsig ein Zugrundegehen der Knospe bemerkte, selbst wenn die Temperatur nicht sank und Feuchtigkeit in genügendem Mafse vorhanden war. Auch die inneren, zarthäutigeren Tegmente vertrockneten, da sie an die Transpirationssteigerung nicht gewöhnt waren. Die unter gleichen Bedingungen (auf abgeschnittenen Zweigen) gehaltenen, unverletzten Knospen entwickelten sich weiter.

Der Versuch bei Buchenknospen, denen die ganze Knospendecke genommen worden war, zeigte, dafs die jungen, blofsgelegten Blätter viel länger frisch blieben als bei der Eiche, und man darf dieses Verhalten dem Umstande zuschreiben, dafs die jungen Buchenblättchen durch ihre Behaarung vor zu starker Transpiration und dem Vertrocknen geschützt werden. Dafür spricht auch die Beobachtung von Grüss, dafs bei *Aesculus Hippocastanum* die jungen, bekanntlich äufserst dicht behaarten Blätter nach der Entfernung der Knospendecken sich doch noch normal entfalteten. Die Wirksamkeit des Harzschutzes ergibt sich aus einem Beispiel bei *Abies Pinsapo* Boiss. Hier vertrockneten diejenigen Knospen, deren Harz durch Schwefelkohlenstoff entfernt worden war.

Es fragt sich nun, inwieweit man im praktischen Betriebe solchen Unregelmäfsigkeiten in der Knospenentfaltung entgegenarbeiten kann?

Die Ausbildung der Knospendecken kann man nicht beeinflussen,

und die gefährlichen Schwankungen in der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft während der Frühjahrszeit kann man nicht beseitigen. Dennoch glauben wir, liefse sich sogar bei dem Waldbau ein vorbeugndeəs Verfahren einschlagen, um die Transpirationsextreme zu mildern. In erster Linie mufs dem Boden seine natürliche Moos- bezw. Streudecke erhalten bleiben, weil damit die Bodenfeuchtigkeit geschont und eine feuchte Atmosphäre bedingt wird. Aus demselben Grunde wäre die Vermeidung der Kahlhiebe zu empfehlen. Endlich aber, und zwar namentlich bei jüngeren Kulturen, dürfte das Stehenlassen von Waldmänteln an den Seiten, an denen die Sonne im Frühjahr besonders stark auf die Stämme wirkt, sich vorteilhaft erweisen. Wir denken bei derartigen Schutzbäumen besonders an die schnellwüchsige und locker sich aufbauende Birke.

Bei Gartenkulturen hat man natürlich die Vorbeugung besser in der Hand. Es sei in dieser Beziehung vorläufig hier nur darauf aufmerksam gemacht, dafs man nicht versuchen soll, den übermäfsig starken Transpirationsverlust durch gesteigerte, reichliche Wurzelbewässerung zu ersetzen. Dies geht nicht, und man sieht Pflanzen vertrocknen, die Wasserüberflufs an den Wurzeln haben. Das einzig rationelle Mittel bildet künstliche Beschattung.

Der Hitzelaubfall.

Die Beobachtung zeigt, dafs alljährlich vom Frühjahr an bei unseren sommergrünen Bäumen Laub abgeworfen wird. Bei städtischen Anpflanzungen fällt dies namentlich an *Acer Negundo* auf; aufserdem gesellen sich gern alsbald die wenig entwickelten Blütenstände der Linden lange Zeit vor der „Lindenblüte" hinzu. Weniger auffällig, aber stets vorhanden ist der Vorgang auch bei anderen sommergrünen Baumarten. Wiesner[1]) nennt dieses ständige Abfallen einzelner vergilbter Blätter speziell den „Sommerlaubfall" und sieht die Ursache desselben in der Abnahme des höchsten Sonnenstandes. Ich glaube, dafs auch andere Ursachen dabei wirksam sein können; denn während nach Wiesner's Angaben die sommerliche Entblätterung sich vorzugsweise nach dem 21. Juni einzustellen pflegt, lehrt die Beobachtung, dafs z. B. bei *Acer Negundo*, *Acer californicum* und verwandten Arten schon im Mai und Junianfang ein Abwerfen der erstgebildeten Blätter stattfinden kann.

Solange dieser Blattverlust im Verhältnis zur Gesamtbelaubung eines Baumes geringfügig ist, hat er keine pathologische Bedeutung. Es ist eine ganz normale Erscheinung, dafs die Blätter eines Zweiges sich zu verschiedener Zeit ausleben und daher auch bald früher, bald später fallen. Die erstentstehenden im Frühjahr sind ihrer ganzen Anlage nach schwächlich; sie erreichen geringere Gröfse und Masse und geraten bald in eine ihre Assimilationsarbeit hemmende Lage dadurch, dafs die später entstehenden kräftigeren Blätter ihnen das Licht entziehen. Alsdann entledigt sich der Baum der arbeitsunfähigen Organe.

Als Krankheitserscheinung aber ins Auge zu fassen sind die sommerlichen Entblätterungen, welche massenhaft und plötzlich sich einstellen und das kräftig entwickelte, im vollen Lichtgenufs befindliche Laub erfassen. Dahin gehören als Ursache die Spätfröste, am häufigsten aber eine längere, mit grofser Hitze verbundene Trockenperiode. Den

---

[1]) Wiesner, Jul., Über Laubfall infolge Sinkens des absoluten Lichtgenusses (Sommerlaubfall). Ber. d. D. Bot. Ges. 1904, S. 64.

hierdurch eingeleiteten Blattabwurf unterscheidet WIESNER als „Hitzelaubfall“, „offenbar in erster Linie infolge einer übermäfsigen Transpiration, mit welcher die Zufuhr des Wassers vom Stamme her nicht mehr gleichen Schritt hält.“

Einen derartigen „Hitzelaubfall“ sah ich in den Strafsenpflanzungen, namentlich bei Linden eintreten, trotzdem reichlich bewässert worden war. Daraus geht hervor, dafs tatsächlich die trockene Luft bei reichem Sonnenschein als der schädigende Faktor anzusehen ist. Bei alleinigem Wassermangel im Boden stirbt das Laub an Sommerdürre, aber bleibt meist am Zweige hängen.

Wegen der besonderen Empfindlichkeit der Linden sind dieselben als Strafsenbäume trotz ihrer Schönheit nicht zu empfehlen. Die Sommerlinde leidet früher und stärker als die Winterlinde und zeigt sich nach Eintritt der sommerlichen Hitze fast ausnahmslos mit den feinen Spinnfäden der Webermilbe *(Tetranychus telarius)* bedeckt. Bei vielen Gehölzen treten die Blattläuse in Unmengen auf. Mit der Entlaubung, von der nur die Zweigspitzen ausgenommen sind, tritt eine vorzeitige Ruheperiode bei den Bäumen ein. Sobald das Wetter kühler wird (– oder bei reichlicher Strafsenbewässerung auch noch innerhalb der heifsen Zeit —) beginnt ein zweiter Trieb, wobei die sich entwickelnden Seitenknospen auch noch etwa sitzengebliebene Blätter abstofsen können (Treiblaubfall nach WIESNER). Dieser zweite Trieb erlangt bei nassen Herbsten nicht die gehörige Holzreife und leidet dann leicht durch winterliche Fröste.

Um allen diesen Folgeerscheinungen vorzubeugen, empfiehlt sich bei Strafsenpflanzungen der Ersatz der Linde durch die Ulme. Handelt es sich um ältere Alleen, die geschont werden müssen, so dürfte aufser den möglichst häufigen Strafsenbesprengungen ein Überbrausen der Bäume mit scharfem Wasserstrahl zur späten Abendzeit sich besonders nützlich erweisen. Ich halte die konsequente Durchführung dieser Mafsregel auch für das wirksamste Mittel gegen das Ungeziefer.

Der Honigtau.

Nach den bisherigen Beobachtungen mufs eine Krankheit hierher gezogen werden, die unter dem Namen „Honigtau“ *(Melligo, Mel aëris, Ros mellis)* mehrfach[1]) beschrieben und dabei auf sehr verschiedene Ursachen zurückgeführt worden ist. Sie besteht im Auftreten eines zuckerigen Überzuges auf Blättern, Blüten und jungen Zweigen holziger und krautiger Pflanzen bald als glänzender, gleichmäfsiger Firnis, bald in Form gelblicher, zäher Tropfen, meist die Oberfläche der Organe überziehend. MEYEN[2]) erzählt darüber, dafs eine Zeit hindurch die von PLINIUS ausgesprochene Ansicht Geltung gehabt, wonach der Honigtau als wirklicher aus der Luft fallender Tau anzusehen sei, der besonders in den Hundstagen auftrete und nicht blofs die Pflanzen, sondern auch die Kleider der Menschen überziehe. Dieser Ansicht widersprach J. BAUHIN, der darauf aufmerksam machte, dafs nur einzelne Pflanzen oder Arten in einer Gegend krank würden. Nachdem man die Abscheidung eines süfsen Saftes aus dem After oder aus den Hinter-

---

[1]) Saccharogenesis diabetica; UNGER, Exanth. p. 3. — Honning Dugen, Fabricius Kiobenh. 1774. — Le Givre, Adans, cit. bei SEETZEN: Sistematarum generaliorum de morbis plantarum. Göttingae 1789.

[2]) Pflanzenpathologie, 1841, S. 217.

leibsröhren der Blattläuse beobachtet hatte, wurden diese als die Ursache der Krankheit angesehen, zumal man bemerkte, daſs Blattläuse und Honigtau sehr häufig gemeinschaftlich gefunden werden. Dem wurde aber zunächst entgegengestellt, daſs die Blattläuse meist nur auf der Unterseite der Blätter, der Honigtau dagegen vorzugsweise auf der Oberseite auftrete; jedoch ist dies allerdings kein sehr sicherer Beweis, da die Blattläuse von der Unterseite des nächst höheren Blattes die Oberseite des darunterliegenden bespritzen können. Aber allmählich mehrten sich die Beobachtungen von Honigtau an isolierten Pflanzen im Freien und im Zimmer, an denen keine Blattläuse sich vorfanden oder doch erst einige Zeit nachher auftraten. In dieser Beziehung interessant ist eine Beobachtung von Hartig im Jahre 1834. Ein Rosenstock, der nicht aus dem Zimmer gekommen, sonderte auf der unteren Epidermis der Blätter kleine Tröpfchen ab, aus denen der Zucker in rautenförmigen oder kubischen Kristallen sich ausschied. Dabei veränderte sich die grüne Farbe des Blattes in eine graue, was durch Verschwinden des Chlorophylls im Mesophyll der secernierenden Stellen und durch Auftreten heller Tropfen in den Zellen bedingt wurde. Treviranus[1]) fand ebenfalls mehrfach solche zuckerige Ausscheidungen bei warmer, anhaltend trockner Luftbeschaffenheit, sowohl im Freien wie in Gewächshäusern, an Weiſspappeln, Linden, Orangenbäumen, Disteln (*Carduus arctioïdes*) und führt noch ältere Beobachtungen von Lobel, Pena, Tournefort u. a. an, wonach Honigtau auf Ölbäumen, Ahornarten, Walnüssen, Weiden, Ulmen und Fichten vorkommt. Er und nach ihm Meyen haben sich überzeugt, daſs die zuckerhaltigen Tropfen direkt von den Epidermiszellen ausgeschieden werden, wobei der erstere Beobachter noch hinzufügt, daſs die Spaltöffnungen bei dieser Sekretion nicht beteiligt sind. Weitere Bemerkungen über Honigtau auf sehr verschiedenen Pflanzen, namentlich auf Eichen, lieferte später Gasparrini[2]).

Der Honigtau an den Linden ist von Boussingault und bei der Traubenkirsche (*Prunus Padus*) von Zöller[3]) chemisch untersucht worden. Boussingault fand dabei den zu zwei verschiedenen Zeiten gesammelten Honigtau in den Mengenverhältnissen der einzelnen Stoffe verschieden, woraus ersichtlich ist, daſs das Sekret nicht immer gleiche prozentische Zusammensetzung hat. Aber auch die Natur der Stoffe scheint sich zu verändern; denn während Boussingault nur Rohrzucker (48—55 %), Invertzucker (28—24 %) und Dextrin (22—19 %) fand, gibt Langlois im Honigtau der Linde auſserdem noch Mannit als Bestandteil an. Die Resultate neuerer Untersuchungen wurden von Czapek[4]) gesammelt. Es geht daraus hervor, daſs bei den verschiedenen Pflanzen die Zusammensetzung des Honigtaues verschieden ist.

Eine Übereinstimmung der Ansichten über die Ursachen der Erscheinung hat sich bis jetzt nicht erzielen lassen. Während Büsgen[5]) in eingehenden Studien über das Einstechen der Blattläuse in den

---

[1]) Physiologie der Gewächse, 1838, Bd. II, Teil 1, S. 35—37.

[2]) Sopra la melata o trasudamento di aspetto gommoso etc. Bot. Zeit. 1864, S. 324.

[3]) Ökonom. Fortschr. 1872, Nr. 2, S. 39.

[4]) Czapek, Fr., Biochemie der Pflanzen. Jena. Gustav Fischer. 1905, Bd. I, S. 408.

[5]) Büsgen, M., Der Honigtau. Biolog. Studien an Pflanzen u. Pflanzenläusen. Sond. Biologisches Centralbl. Bd. XI, Nr. 7 u. 8, 1891.

Pflanzenteil nachweist, dafs die Tiere durch den After viel gröfsere Mengen Honigtau ausscheiden (durch die Hinterleibsröhren wird nur ein wachsartiges Sekret geliefert) als man gewöhnlich annimmt und daher zu dem Schlusse kommt, dafs echter Honigtau nur von Pflanzenläusen herrührt, haben wir von Bonnier[1]) Versuche über künstliche Hervorrufung der Erscheinung ohne Mitwirkung von Tieren.

Büsgen sagt: „Die Eigenschaften der Cuticula gestatten weder ein Ausschwitzen von Zuckersäften aus dem Zellinnern, noch, wie Wilson annahm, ein osmotisches Heraussaugen von Flüssigkeiten durch auf der Blattfläche befindliche Zuckertröpfchen, wie solche die Blattlausexkremente darstellen.“ Dieser Ausspruch läfst aber die Umstände unberücksichtigt, dafs die Cuticularglasur Sprünge bekommen kann, und dafs Ausscheidungen in einzelnen Fällen doch wohl durch die Spaltöffnungen ihren Weg finden können. Beweis für letzteren Fall bieten die von Bonnier erhaltenen Resultate. Blätter, die gröfseren Temperaturdifferenzen ausgesetzt waren (Nadelhölzer, Eichen, Ahorn etc.) liefsen bei auffallendem Lichte unter dem Mikroskope das Hervortreten von nektarähnlichen Tröpfchen aus den Spaltöffnungen direkt erkennen.

Meine eigenen Beobachtungen bestätigen das Auftreten von Honigtau ohne Mitwirkung von Blattläusen. In einem Falle sah ich bei Wasserkulturen auf älteren Blättern von Birnensämlingen, die ungeschützt der heifsen Julisonne ausgesetzt waren, reichlich Honigtaubildung. Diese Beobachtung zeigt, dafs der Wassermangel im Boden nicht mitzuwirken braucht. Ich glaube, dafs dann Honigtau zustande kommt, wenn bei kräftig vegetierenden, nicht zu alten Blättern eine plötzliche, übermäfsige Transpirationssteigerung bei starkem Lichtreiz sich einstellt und eine zu hohe Konzentration des Zellsaftes herbeiführt. Dauert die Störung über ein gewisses Mafs hinaus fort, leidet das Blatt dauernd und fällt vorzeitig ab. Im anderen Falle wäscht der Regen allmählich den zuckrigen Überzug, der zur Ansiedelung von Schwärzepilzen (Rufstau) leicht Veranlassung gibt, wieder ab. Es handelt sich bei der Entstehung des Honigtaues nicht immer um absolut hohe Wärme- und Lichtreize, sondern mehr um eine plötzliche, grofse Differenz, die z. B. sich einstellt, wenn nach sehr kühlen Frühlingsnächten das in seiner Tätigkeit herabgedrückte Organ plötzlich den Reiz der intensiven Morgensonne bekommt.

Beschattung würde das beste Vorbeugungsmittel, häufiges Bespritzen ein wirksames Heilmittel sein.

Wahrscheinlich gehört hierher die gefürchtete Mafuta-Krankheit der Sorghum-Hirse (*Andropogon Sorghum*) in Deutsch-Ostafrika. Auf Blättern und Stengeln zeigen sich honigartige Ausschwitzungen (Mafuta heifst Öl), die zur Entstehung rufsartiger Überzüge Veranlassung geben[2]). Auch andere Pflanzen leiden, namentlich bei Dürre.

Die Herz- und Trockenfäule der Futter- und Zuckerrüben[3]).

Als eine dem Honigtau ihren Ursachen nach verwandte Erscheinung ist die Herzfäule der Zuckerrüben zu betrachten. Sie zeigt sich meist in der heifsen Julizeit in regenlosen Perioden und äufsert sich in einem

[1]) Bonnier, G., Sur la miellée des feuilles. Compt. rend. 1896, p. 335, cit. Zeitschrift f. Pflanzenkrankh. 1896, S. 347.

[2]) Busse, W., Weitere Untersuchungen über die Mafuta-Krankheit der Sorghum-Hirse. Aus „Tropenpflanzer“, cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1902, S. 82.

[3]) s. Bd. II S. 240.

Absterben der Herzblätter, soweit dieselben noch nicht ihre halbe Gröfse erreicht haben. Das absterbende Laub wird fast plötzlich schwarz. In schweren Fällen sieht man den gesamten Blattapparat zugrunde gehen; aber in der Regel sterben die Pflanzen nicht gänzlich, sondern treiben in der nächsten Regenperiode wieder neues Laub. Neben der Erkrankung des Blattapparates kann eine Zersetzung des Rübenkörpers sich einstellen (Trockenfäule). Derselbe bekommt in der Nähe des Kopfendes graue Flecke, die sich unter Zersetzung des Gewebes vertiefen und schliefslich die Rübe zerstören können. Von grofser wirtschaftlicher Bedeutung ist dabei, dafs aus der Rübe ein Teil des nicht reduzierenden Zuckers verschwindet und ein anderer Teil in reduzierenden (Trauben-) Zucker umgewandelt wird[1]). Tritt rechtzeitig Regen ein, kann durch Korkbildung das tote Gewebe abgestofsen werden.

Tritt der Heilungsprozefs nicht schnell genug ein, so dafs eine lange Herbstfeuchtigkeit ihren Einflufs auf die Faulstelle ausüben kann, setzt sich der Zerstörungsprozefs der zuckerärmeren Rübe auch noch innerhalb der Mieten fort.

Die Mehrzahl der Beobachter ist geneigt, die Ursache der Erscheinung in Pilzeinwirkungen zu suchen, da man in den erkrankten Herzblättern vielfach Mycel findet[2]). Namentlich war es Frank, der die Pilztheorie verteidigte und zwei Arten: *Phoma Betae*[3]) Frank und *Fusarium beticola* Frank dafür verantwortlich machen wollte. Sicher ist jedoch, dafs die ersten Anfänge der Herzblatterkrankung ohne Mycelpilze und Bakterien sich zeigen und die Parasiten später bei feuchter Witterung eine Fortsetzung der Gewebezerstörung veranlassen. Solange indes die Rübenpflanzen gesund sind, vermögen ihnen die Pilze nichts anzuhaben. Erst wenn die Verdunstung durch den Blattapparat sich hochgradig steigert und die Wasseraufnahme durch den Wurzelkörper eine wesentliche Beschränkung erleidet, treten disponierende Umstände für eine Pilzansiedlung ein.

Als ein besonderes Förderungsmittel für Eintritt der Krankheit wird von den Praktikern die Zufuhr von Kalk, auch in der Form von Scheideschlamm angegeben, und wir haben nach dieser Richtung sehr instruktive Feldversuche[4]), bei denen auf gekalkten Feldern einzelne Parzellen ausgespart wurden. Die mit Kalk behandelten Äcker gaben kranke Rüben, die ungekalkten aber gesunde Ernte.

Auch die Lage an sich hat sich vielfach als mafsgebend für das Auftreten der Krankheit gezeigt, insofern als Ackerkuppen mit kiesigem Untergrund oder Abhänge, von denen das Wasser schnell abläuft, manchmal allein trockenfaule Rüben hervorbringen. Die einzelnen Sorten erweisen sich dabei von verschiedener Empfänglichkeit; die Vilmorin-Zuckerrübe soll besonders schnell erkranken. Sorten mit glattem, flach ausgebreitetem Laube und langen Wurzeln verdienen in gefährdeten Gegenden den Vorzug[5]).

---

[1]) Frank, A. B., Kampfbuch. 1897, S. 131.

[2]) Prillieux et Delacroix, Complément à l'étude de la maladie du cœur de la Betterave. Bull. Soc. mycologique. VII, 1891, p. 23.

[3]) syn. *Phoma sphaerosperma* Rostr., *Phoma Betae* Rostr., *Phyllosticta tabifica* Prill. et Del.

[4]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1895, S. 250, 1896 S. 339.

[5]) Bartos, W., Einige Beobachtungen über die Herz- und Trockenfäule, cit. Centralbl. f. Bakteriologie 1899, S. 562.

Sehr eingehende Feldversuche hat Sasse[1]) angestellt und dabei gefunden, dafs die Dampftiefkultur den Ausbruch der Trockenfäule zu verhindern imstande gewesen ist. Betreffs des Einflusses der Düngung gehen die Meinungen weit auseinander. Dies kommt unserer Meinung nach daher, dafs die Wirkung desselben Dungmittels auf verschiedenen Äckern und je nach der Witterung verschieden ist. Betreffs der Trockenfäule werden diejenigen Düngungen gefährlich erscheinen, welche leichte Böden noch mehr lockern, ihre Erwärmbarkeit vermehren und ihre wasserhaltende Kraft vermindern, wie dies bei Scheideschlamm eintreten kann[2]). Dieselben Mittel sind bei schwerem Boden günstig. Am meisten streitig ist der Punkt der Kalidüngung. Es wird betont, dafs eigentlich der Boden durch die Salzdüngung das Wasser besser zurückhalte, also dem Einflufs der Trockenheit gröfseren Widerstand leiste, und dennoch fände man nicht selten bei reicher Kainitdüngung gerade dort zuerst herzfaule Rüben.

Ein solches Ergebnis findet nach unserer Anschauung aber seine naturgemäfse Erklärung: die Kainitdüngung befördert aufserordentlich die Entwicklung der Blätter, und es ist erklärlich, dafs bei Eintritt einer anhaltenden Trockenperiode der umfangreiche Laubapparat dem Rübenkörper am schnellsten Wasser entzieht und eine schädliche Konzentration des Zellsaftes veranlafst. Analysen haben gezeigt, dafs bei hohem Kaligehalt in den Blättern die Trockenfäule um so stärker auftrat, je geringer im Verhältnis dazu der Gehalt an Phosphorsäure war.

Geboten sind also bei dieser Krankheit als Vorbeugungsmafsregeln die Vermeidung solcher Lagen, die schneller und starker Austrocknung ausgesetzt sind. Bei leichten Böden werden die den Boden hitzenden Materialien (Kalk, Scheideschlamm) nicht direkt zu den Rüben gegeben werden dürfen. Bei Eintritt gefährlicher Trockenperioden suche man die Drainage zu vermindern, da in den meisten Fällen eine Bewässerung der Rüben nicht ausführbar sein dürfte. Zu erwägen ist, ob man durch Abschneiden der älteren Blätter oder durch Beschattung mittelst Überstreuen von Langstroh die Verdunstung der Pflanzen herabdrücken kann.

Mangelhafte Blütenentfaltung.

Viel häufiger, als man allgemein annimmt, machen sich die Folgen grofser Lufttrockenheit bei den Blumen, und zwar namentlich den gefüllten, bemerkbar. Wenn man die Entwicklung von Exemplaren derselben Spezies mit einfachen und gefüllten Blüten an demselben Standort vergleicht (Fuchsien, Petunien, Knollenbegonien, Rosen u. dgl.), so wird man ausnahmslos eine schnellere und leichtere Entfaltung der nicht gefüllten Blumen beobachten. Das langsamere und schwerere Aufblühen gefüllter Blüten dürfte sich darauf zurückführen lassen, dafs die durch den Blütenstiel zugeführte Wasser- und Nährstoffmenge sich auf ein weit bedeutenderes Blattmaterial verteilen mufs. Der durch die vermehrte Zahl der Blumenblätter hervorgerufene Transpirationsverlust ist ein gewaltiger, und derselbe ist keineswegs durch Begiefsen der Wurzeln zu ersetzen. Infolgedessen leben sich die Organe schneller aus; sie werden notreif und sterben in ihrer Wachstumsregion schon

[1]) Sasse, Otto, Einige Beobachtungen aus dem praktischen Betriebe betreffs Auftretens der Herz- oder Trockenfäule. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1894, S. 359.

[2]) Richter, W., Über die Beziehungen des Scheideschlamms zum Auftreten der Herzfäule der Rüben. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1895, S. 51.

ab, bevor die Blume sich noch vollständig entfaltet hat. Daher findet man bei grofser Trockenheit der Luft vielfach ein Abfallen halbgeöffneter Blüten, das nicht zu verwechseln ist mit dem Abwerfen der Blüten bei Wasserüberschufs. In letzterem Falle läfst sich mehrfach beobachten, dafs die Blüte samt ihrem Stiel sich abgliedert, während bei übermäfsiger Transpiration in einer äufserst trockenen Atmosphäre die Blumenblätter an der Ansatzstelle am Blütenstiel sich lösen, nachdem sie sich dort gebräunt haben.

Wenn bei gärtnerischen Glashauskulturen oft versucht wird, durch reichliches Spritzen der ganzen Pflanzen künstlich eine feuchte Atmosphäre zu erzeugen, so hilft dies nur dann, wenn die Blumentöpfe auf einer Erdfläche stehen und nun die verdampfende Feuchtigkeit aus dem Erdboden eine beständig feuchte Atmosphäre schafft. Stehen die Pflanzen dagegen auf Stellagen von Holz, Eisen oder Mauerwerk, dann verkümmern die Blüten trotzdem, und es findet sich dabei an der Ablösungsstelle der Blütenblätter leicht Botrytis-Vegetation ein. Diese führt nachher zu irrigen Schlüssen, da Botrytis-Erkrankungen vorherrschend bei grofser Luftfeuchtigkeit sich einzustellen pflegen.

Eine der auffälligsten Schädigungen durch übermäfsige Lufttrockenheit ist das Abfallen der gefüllten männlichen Blumen bei Knollenbegonien. Hier beobachtete ich die Erscheinung vielfach in dem trockenen Sommer 1904 an Stellen, die niemals direktes Sonnenlicht erhielten. Dafs die Trockenheit der Luft tatsächlich der schädigende Faktor war, ergab sich aus dem Umstande, dafs solche Pflanzen, die ihre Blumen gerade während ihres Erschliefsens abfallen liefsen, dieselben behielten und entfalteten, wenn sie über weite, mit Wasser gefüllte Bassins gestellt wurden.

Das Abfallen der männlichen Blüten (die weiblichen kamen stets zur Entfaltung) kündigt sich dadurch an, dafs die Blume die nickende Stellung der Knospe beibehält. Mit der Lupe erkennt man an der Ansatzstelle der Blütenblätter einen schmalen, braunen Ring. Dort erweist sich das jugendliche Gewebe in Wandung und Inhalt tief braun und zusammengefallen. Zwischen der Basis der Petalen und der sie tragenden Achse bilden sich grofse Lücken durch Schrumpfen und Zerreifsen des Gewebes der Petalenbasis, bis schliefslich die Blumenblätter nur noch an wenigen Geweberesten festhängen. In den einzelnen Petalen erscheinen die Gefäfsbündel auch an den Stellen, die noch unverfärbt und anscheinend frisch sind, bereits tief gebräunt. Das Absterben des Basalteils erweist sich als ein vorzeitiges Ausleben; denn man findet in dem Gewebe nur noch spärliche plasmatische Flocken als Zellinhalt. In der Nachbarschaft der abgestorbenen Gewebe zeigt sich eine abnorme Häufung von (teilweise schlecht ausgebildeten) Einzelkristallen des oxalsauren Kalkes als letzte Reste der veratmeten organischen Substanz.

Eine zweite Art mangelhafter Blütenentfaltung infolge der Lufttrockenheit wurde bei Liliaceen und Amaryllideen beobachtet und bestand darin, dafs die Perigonzipfel an den Spitzen verklebt blieben. Während der übrige Teil der Blume normal gestaltet und gefärbt war, vergilbten die verklebt bleibenden Perigonzipfel, schrumpften und trockneten zu einer schliefslich brüchig werdenden Masse zusammen. Der wirtschaftliche Schaden ist nur dann von Bedeutung, wenn es sich bei der Blumentreiberei um die Entfaltung grofser Einzelblüten wie bei *Lilium auratum* und *longiflorum* und *Hippeastrum robustum* Dietr. etc. handelt.

An letzterer Spezies, die bei den Gärtnern auch als *Amaryllis Tettaui* bekannt ist und wegen ihres leichten Blühens als Zimmerpflanze vielfach kultiviert wird, beobachtete ich die Öffnungsmechanik und deren unvollkommenes Funktionieren bei Trockenheit etwas eingehender.

Die drei äufseren Zipfel des ziegelroten Perigons beginnen am vorletzten Tage vor der vollen Entfaltung der Blumen an ihren Basalteilen sich voneinander zu trennen, so dafs die grofse kegelförmige Blumenknospe zunächst drei Schlitze zeigt. Die Spitzen dieser drei äufseren Blumenblätter aber bleiben noch fest miteinander verklebt, selbst wenn der Vorgang des Auseinanderweichens sich durch bevorzugtes Wachstum der Innenseite der Perigonbasis so verstärkt, dafs dieselbe bauchartig nach aufsen vorgewölbt wird. In dieser immer stärker werdenden Konvexität liegt eine grofse Federkraft, welche die verklebten Spitzen voneinander trennen möchte und in normalen Fällen auch tatsächlich endlich voneinanderreifst. Wie grofs diese federnde, durch basale Epinastie des einzelnen Perigonzipfels erzeugte Kraft ist, zeigt sich, wenn man die noch verklebten Spitzen der drei Zipfel ungefähr 48 Stunden vor der normalen Öffnungszeit abschneidet. Es sind dann binnen 10 Minuten die einzelnen Zipfel um 1,5 bis 2 cm auseinandergewichen, d. h. die Blumenkrone hat sich so weit geöffnet. Der Apparat, welcher imstande ist, einer so stark federnden Kraft derartigen Widerstand zu leisten, besteht darin, dafs die noch vollständig grünen Spitzen der drei äufseren Perigonzipfel zu einem festen, bisweilen fingerhutähnlichen Kegel von etwa 5 mm Länge verankert sind. Jeder Zipfel erscheint nämlich auf der Innenseite dickfleischig durch starkes Wachstum des der Mittelrippe entsprechenden kielartig vorgewölbten Teiles.

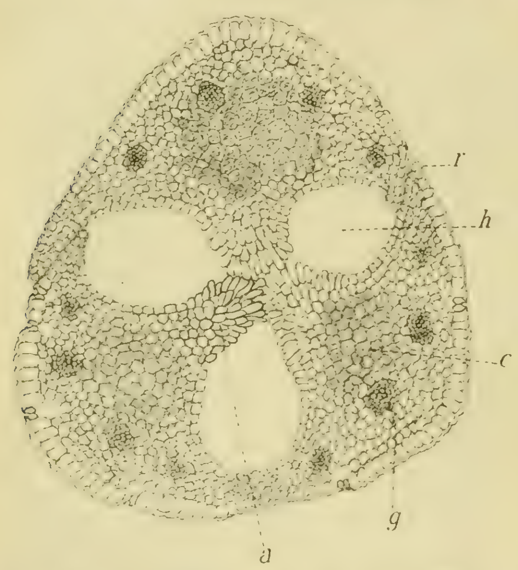


Fig. 69. Querschnitt durch die Spitzenregion einer noch nicht entfalteten Blume von *Hippeastrum robustum*. (Orig.) Buchstabenerklärung im Text.

In der vorstehenden Fig. 69 sehen wir, wie die drei Perigonzipfel in der Mittellinie mit ihren kielartigen Leisten (*a*) einander berühren. Diese Leisten besitzen keine Gefäfsbündel; letztere (*g*) liegen vielmehr zu drei bis vier peripherisch in dem eigentlichen Laminarteil. Die einzelnen Laminarhälften zu beiden Seiten der fleischigen medianen Leiste sind nach innen gekrümmt und berühren die benachbarten Perigonzipfel mit den Rändern (*r*); diese sind grün, während die fleischigen, im Zentrum (*c*) die weitesten Parenchymzellen besitzenden Polster farblos erscheinen. Die Polster weisen nur spärlich grofse Stärkekörner gegenüber den zahlreichen kleinkörnigen Stärkemengen im übrigen Gewebe auf. Die Epidermis ist normal flachwandig an

den Aufsenseiten der Perigonzipfel: die Innenseite derselben zeigt unter beginnender Entwicklung von rotem Farbstoff ein papillöses Auswachsen der Epidermiszellen. Während dieselben schon zu deutlichen, zahnradartig gegenseitig ineinandergreifenden Papillen an den polsterartigen Erhebungen ausgewachsen sind (*a*), zeigen sie an dem flachen Laminarteil noch kaum eine Streckung.

In diesem dichten Ineinandergreifen der Papillen eines Perigonzipfels zwischen diejenigen der anderen ist die Ursache zu erblicken, weswegen diese Zipfel so fest miteinander verankert bleiben. Ihre Loslösung voneinander unter Hilfe des federnden Zuges erfolgt dadurch, dafs diese Papillen schnell zu keulenförmigen Haaren auswachsen und auf diese Weise den Verband lockern. In den Höhlen (*h*), welche die äufseren Perigonblätter frei lassen, liegen die Spitzen der drei inneren, deren Epidermis aber früher zu Papillen auswächst, als dies bei den äufseren der Fall ist. Diese inneren Perigonzipfel werden jedenfalls durch das gegenseitige Aneinanderstemmen ihrer auswachsenden Papillen das Auseinanderweichen, also das Aufblühen begünstigen.

Bei trockner Luft bemerkt man nun zwar die Anlage der Papillen, aber nicht ihr Auswachsen zu keuligen Haaren, und deshalb bleiben die Spitzen der Perigonblätter vereinigt und schrumpfen allmählich.

Die Zimmerkulturen.

Das typische Bild, das uns bei den Zimmerpflanzen entgegentritt, ist die Braunfärbung und das Abtrocknen der Blattspitzen. In den Wohnungen, in welchen Gas gebrannt wird, ist man in der Regel geneigt, diesem Umstande die Schuld beizumessen; tatsächlich ist die Trockenheit der Zimmerluft die Ursache, und die Erscheinung zeigt sich ebenso intensiv in Wohnungen ohne Gasbeleuchtung. Dafs nach diesen Anzeichen der Erkrankung so häufig der Tod der Gewächse, namentlich der sogenannten Blattpflanzen eintritt, hängt nicht mehr mit der Trockenheit der Luft, sondern dem Bestreben der Blumenliebhaber zusammen, durch recht häufiges Begiefsen eine gröfsere Luftfeuchtigkeit zu erzeugen. Die Pflanze hat aber von dieser erhöhten Wasserzufuhr keinen Vorteil; sie kann nur dann mehr Wasser verbrauchen und aushauchen, wenn sie stärker neue Substanz produziert, also kräftiger assimiliert und junge Blätter bildet. Die Trockenheit der Luft aber behindert gerade die Blattentfaltung.

Bringt man Blattpflanzen tropischer Klimate (manche Blattbegonien, Hoffmannien, Ruellien, Maranten usw.) aus dem feuchten Warmhause in ebenso warme Zimmer, bemerkt man alsbald einen Stillstand in der Entwicklung. Die älteren Blätter beginnen, sich zurückzukrümmen, die jüngeren rollen mehr oder weniger ihre Ränder und bleiben kleiner als die bisher gebildeten. Das Spitzenwachstum der Triebe wird verlangsamt, alle Streckungsvorgänge herabgedrückt. Eigenartig ist, dafs bei manchen Pflanzen, z. B. bei vielen strauchartigen Begonien, selbst die in der trocknen Luft entstandenen Blumen nicht oder nur unvollkommen sich öffnen und schliefslich, ohne zu erkranken, abfallen. Dieser Vorgang ist auch im Freien zu beobachten. Die Ruheperiode der Pflanze tritt schneller ein, und bei Beginn der neuen Vegetationsepoche wird das Austreiben der Knospen verzögert und vielfach ganz verhindert. Wenn bei einer derartigen Untätigkeit der oberirdischen Achsen die Wurzeln zu reich begossen werden, verfaulen sie.

Man hat verschiedene Mittel vorgeschlagen, um den schädlichen Einflufs der trocknen Zimmerluft abzuschwächen, wie häufiges Überbrausen oder nächtliches Überdecken der Pflanzen mit feuchten Gazetüchern und dergleichen: indes haben sich derartige Hilfsmittel nicht ausreichend erwiesen. Den besten Erfolg sah ich in Wardschen Kästen oder bei dem Aufstellen der Pflanzen über Wasserflächen. Neuerdings hat man Blumentische, in denen die Pflanzen auf einem mit Wasser gefüllten Zinkkasten stehen, dessen oberer Boden reichlich durchlöchert ist. Dadurch steigt fortwährend Wasserdampf zwischen den Pflanzen in die Höhe.

Hartschaligkeit der Leguminosensamen.

Die Hartschaligkeit der Leguminosensamen und zwar nicht nur die der Papilionaceen, sondern auch der Mimoseen und Caesalpiniaceen kann als eine natürliche Schutzvorrichtung der im Quellungsstadium höchst anfälligen Samenkörner gegen Mikroorganismen angesehen werden. Alle unsere wildwachsenden Schmetterlingsblütler zeigen dasselbe Bauprinzip, und erst bei unseren Kulturen wird die Hartschaligkeit zum schädigenden Faktor, sobald sie das Keimen des Saatguts verhindert.

Die Hartschaligkeit beruht auf der besonderen Verstärkung der Palisadenschicht des Samenkorns, welche mit ihrer Cuticula die äufserste Lage der Samenschale bildet. Diese säulenförmigen, äufserst dicht aneinandergefügten Palisaden zeigen im Querschnitt stark lichtbrechende Querlinien (Lichtlinien) von besonders dichtgebauter Substanz. Der Zellinhalt enthält jene Stoffe, welche die Färbung der Samenschale veranlassen und denen als Schutzstoffe gegen parasitäre Angriffe eine hervorragende Bedeutung zugeschrieben wird. An die von Nobbe als „Hartschicht“ angesprochene Palisadenschicht schliefst sich nach innen eine Lage von sogenannten Sanduhrzellen, worauf dünnwandige Zelllagen mit grofsen Intercellularen folgen, die bei der Quellung des Samens besonders beteiligt sind. Entsprechend der Kleberschicht bei dem Getreidekorn finden wir bei der Mehrzahl der Leguminosensamen mit Ausnahme der Phaseoleen und Vicieen und einiger anderer Arten nach Harz (Landwirtschaftliche Samenkunde) ein Endosperm in Form einer harten, hornigen, im Wasser schleimig werdenden Lage. In der Nabelgegend pflegen Palisaden und runde Sanduhrzellen zweireihig aufzutreten.

Dafs die Hartschaligkeit, welche die schnelle Quellung des Samenkorns verhindert, wirklich einen Schutz gegen Mikroorganismen bildet, beweist ein Versuch von Hiltner, dem wir in der vorliegenden Darstellung folgen[1]). Ältere Lupinensamen, die nicht absolut hartschalig, sondern nur schwer quellbar waren, wurden in Wasser zum Aufquellen gebracht. Die an jedem Tage aufgequollenen Samen wurden gesondert in den Keimapparat gelegt, und es liefs sich feststellen, dafs die zuerst aufgequollenen, also gar nicht hartschaligen Lupinenkörner fast sämtlich verfaulten, während der Prozentsatz der zur Keimung gelangenden Samen um so höher wurde, je später die Aufquellung erfolgte, je höher also der Grad der Hartschaligkeit war.

---

[1]) Hiltner, L., Die Keimungsverhältnisse der Leguminosensamen und ihre Beeinflussung durch Organismenwirkung. Arbeiten d. Biolog. Abteil. f. Land- u. Forstwirtsch. am Kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. III, Heft 1. Berlin 1902.

Aus Versuchen mit achtjährigem Kleesamen, der durch das Alter teilweise schon nachgedunkelt, ja selbst bisweilen braun und geschrumpft erschien, und der nun nach seiner Färbung sortiert zur Aussaat gelangte, ging hervor, dafs die Körner, die noch das Aussehen völlig frischer Saat zeigten, die höchsten Keimprozente aufwiesen. Von den bereits verfärbten Samen waren die braungewordenen die schlechtesten und zeigten mehr als 90% faulige Körner. Bei den nur leicht nachgedunkelten Samen ergab sich das bemerkenswerte Resultat, dafs die hellen Körner einen bedeutend gröfseren Ausfall durch Fäulnis aufwiesen als die violetten Samen, was zu der Anschauung führte, in dem violetten Farbstoff der Samenschale einen Schutzstoff gegen bakterielle Angriffe anzuerkennen.

Dafs die Hartschaligkeit von der Witterung abhängig ist, geht aus dem verschiedenen Prozentsatz von Keimlingen, den eine bestimmte Art in den einzelnen Jahrgängen liefert, deutlich hervor. Durch welche Art der Witterungseinflüsse diese unliebsame Beschaffenheit des Saatgutes veranlafst wird, läfst sich daraus erkennen, dafs HILTNER bei künstlicher Austrocknung der Samen (durch eine Temperatur von 35° C. oder über Schwefelsäure) den Prozentsatz an hartschaligen Körnern erhöhen konnte. Es wird also ähnlich wie bei dem Glasigwerden des Getreides sein: je schneller der Trocknungsvorgang bei der Reife sich vollzieht, desto mehr hartschalige Samen dürften sich bilden.

In der Praxis zeigen sich nun aber mannigfach einander widersprechende Erfahrungen. Bei trockener Lagerung beobachtete man, dafs die Samen von Lupinen, Wicken, Inkarnat- und Wundklee mit der Zeit hartschaliger wurden, während die feineren Kleesämereien eher das Gegenteil zeigten. Der Widerspruch löst sich aber durch die Beobachtung von HILTNER an künstlich getrockneten Samen. Derselbe Einflufs, der bei dickwandigen Samen eine erhöhte Zähigkeit der Schale hervorruft, bewirkt dies zwar auch bei den dünnwandigen; aber bei diesen treten infolgedessen Spaltungen in der Schale auf, welche die Unquellbarkeit vermindern. Übrigens soll auch die Kälte, wie RODEWALD meldet, eine Verminderung der Hartschaligkeit bei Leguminosensamen herbeiführen.

Wenn man sich vergegenwärtigt, dafs die sehr stark hartschaligen Samen jahrelang im Boden liegen können, ohne zu keimen, und selbst die minder quellungsunfähigen so spät zur Keimung gelangen, dafs sie zwei- und mehrwüchsigen Bestand veranlassen, so wird man einsehen, dafs der Landwirt zur künstlichen Beseitigung der Hartschaligkeit greifen mufs. Es sind nun im Laufe der Jahre vielfache Mittel empfohlen worden. So sollte man beispielsweise die Samen in eine 1 bis 2%ige Lösung von kohlensaurem Natron legen, um die Kieselsäure in der Schale in Lösung zu bringen. Von anderer Seite wurde der Vorschlag gemacht, die hartschaligen Samen einfach abzusieben, weil sie etwas kleiner wie die quellbaren befunden worden sind. Auch die Heifswasserbehandlung ist, und zwar mehrfach mit Erfolg, zum Teil aber auch mit Mifserfolgen zur Anwendung gebracht worden. Eintauchen in kochendes Wasser für eine Minute hat schon geschadet, dagegen sich bei der Dauer von fünf Sekunden bewährt. Eine richtige Einhaltung so kurzer Zeitperioden aber darf man den Arbeitern nicht zutrauen. Kaliumpermanganat, verdünnte Schwefelsäure, Kupferoxydammoniak haben sich ebensowenig wie Sodalösung bewährt: dagegen fand HILTNER in der konzentrierten Schwefelsäure ein wirksames Mittel.

Dieselbe hat selbst bei längerer Einwirkung sich nur für solche Samen schädlich erwiesen, die Verletzungen der Schale beim Drusch erlitten hatten. Im allgemeinen wird $^1/_2$ bis 1 Stunde Beizdauer hinreichend sein, wenn die Samen durch ein Rührwerk auch tatsächlich alle benetzt werden. Nach vollendeter Beizung entferne man zunächst die Säure durch Nachspülen mit Wasser und setze dann möglichst bald etwas Kalkmilch zu, die 5—20 Minuten lang einwirken muſs. Die mikroskopische Untersuchung derartig gebeizter Samen ergab, daſs (bei *Acacia Lophanta*) die Schwefelsäure nicht nur die Cuticula, sondern auch den gröſsten Teil der Palisadenzellen weggenommen, aber vor der Lichtlinie Halt gemacht hatte. Jedoch erst, wenn diese Lichtschicht selbst an einigen Stellen von der Säure durchbrochen war, wurden die Samen in Wasser quellfähig[1]). Es ist deshalb diese in der Samenschale sämtlicher Leguminosen vorhandene Zellschicht, die nach MATTIROLO[2]) aus einer besonders dichten Cellulose besteht, welche den Samen vor schneller Wasseraufnahme und -abgabe schützt.

An die angeborene Hartschaligkeit schlieſst sich das Verhärten der Samenhaut während der Keimung. Bei solchen Sämereien, welche im Keimprozeſs die Kotyledonen über die Erde emporheben, streifen diese allmählich die kappenförmig aufsitzende Samenschale ab, wenn dieselbe die aufgenommene Feuchtigkeit lange genug behält und dehnbar bleibt. Tritt dagegen plötzlich eine heiſse, regenlose Periode ein, trocknet die Kappe auf den Kotyledonen zusammen und verhindert deren Entfaltung, sowie das Hervorbrechen des jungen Stengelchens. Dasselbe zwängt sich, falls es nicht erstickt, schlieſslich unter Verkrümmung seitlich hervor. LOPRIORE[3]) erwähnt hierhergehörige Erscheinungen bei keimenden Bohnen; ich beobachtete sie bei Gurken, Kürbissen, Melonen und Steinobstsaaten. Am störendsten erwies sich das Sitzenbleiben der abgetrockneten Steinfruchtschalen bei Sämlingen von Pflaumen, Pfirsichen und anderen Amygdalaceen. Ein Überbrausen der Saatbeete zur Abendzeit ist daher eine nicht zu umgehende Vorsichtsmaſsregel.

Fünftes Kapitel.

Übermäſsige Luftfeuchtigkeit.

Der Wachstumsmodus bei anhaltender Luftfeuchtigkeit.

Ältere Arbeiten haben darauf hingewiesen, daſs Bau und Funktionen der Individuen durch den Einfluſs hochgradig feuchter Luft in dem gleichen Sinne alteriert werden, wie dies durch Lichtentziehung geschieht. Nach den Versuchen von VESQUE und VIET[4]) haben die in feuchter Luft erzogenen Pflanzen längere, weniger verzweigte Wurzeln, schmächtigere Stengel, Blätter mit längeren Blattstielen und kleineren

[1]) HILTNER und KINZEL, Über die Ursachen und die Beseitigung der Keimungshemmungen bei verschiedenen praktisch wichtigeren Samenarten. Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft 1906, S. 199.

[2]) La linea lucida nelle cellule malpighiane degli integumenti seminale. Torino 1885, cit. von HILTNER und KINZEL.

[3]) Berichte d. Deutch. Bot. Ges. 1904, Heft 5, S. 307.

[4]) VESQUE et VIET, Influence du Milieu sur les végétaux. Annales des scienc. nat. Sixième série. Botanique t. XII, 1881, p. 167.

Flächen. Die Wandungen der Epidermiszellen sind weniger unduliert, die Zellreihen des Mesophylls etwas minder zahlreich und ohne Differenzierung zu Palisadenparenchym. Überhaupt war das ganze Gewebe des Blattes aus feuchter Luft gleichmäfsiger, während man in trockner Luft die Unterschiede zwischen Palisaden- und Schwammparenchym deutlich hervortreten sah. Die Gefäfsbündel in den Internodien sind in der trocknen Luft viel stärker entwickelt; dies bezieht sich nicht blofs auf den Durchmesser des ganzen Bündels, auf die Zahl der Gefäfse und deren Durchmesser, sondern vorzugsweise auf die Hartbastfasern, die in trockner Luft reichlich vorhanden und in der feuchten Luft gänzlich fehlen können. Duval-Jouve[1]) beobachtete bei Gräsern, dafs trockne und heifse Standorte die Entwicklung der Bastbündel begünstigen, während im Feuchten diese Entwicklung zurückgehalten wird. Die Verfasser zitieren Rauwenhoff[2]), der auch in dieser Weise die etiolierten Pflanzen charakterisiert. Bei vergleichenden Versuchen in trockner und feuchter Luft, sowohl unter heller als dunkler Glocke, zeigte sich, dafs in der Dunkelheit, aber in trockner Luft, die Pflanzen weniger verspillert waren als diejenigen, welche bei Beleuchtung in feuchter Luft gewachsen waren, woraus die Verfasser schliefsen, dafs die Gestalt der etiolierten Pflanzen in erster Linie durch den Mangel an Transpiration bedingt wird.

Die gleiche Ansicht äufsert Brenner[3]). Bei seinen Untersuchungen an Fettpflanzen beobachtete er eine Neigung, in feuchter Luft die Succulenz der Blätter zu vermindern, aber die Oberfläche zu vergröfsern. Die Zellen des Stengels dehnten sich hauptsächlich in der Längsrichtung. Auch Wiesner[4]) sah bei *Sempervivum tectorum* im absolut feuchten Raume die Blätter bedeutend sich vergröfsern und stark epinastisch werden. Die Blattrosetten lösen sich dabei auf, indem die Internodien zur Entwicklung gelangen. W. Wollny[5]) fand, dafs bei *Ulex europaeus* eine Rückbildung der Stacheln in normale Blätter infolge dauernder Luftfeuchtigkeit eintrat. Er beobachtete aber auch, dafs mit der Vergröfserung der Blätter eine Verminderung des Chlorophyllgehaltes Hand in Hand ging. Auch Eberhardt[6]) gibt an, dafs die Zahl der Chlorophyllkörner sich verringere, wenn die Stengel länger und die Blätter gröfser werden. In einer späteren Arbeit[7]) fafst dieser Forscher die Ergebnisse seiner Versuche dahin zusammen, dafs die feuchte Luft mit der Streckung der Blätter und Stengel eine Abnahme in den Dickendimensionen dieser Organe verbindet. Die Haarbildung wird verringert, die Blüten- und Fruchtbildung werden verzögert. Epidermis-, Rinden- und Markzellen werden länger, die Intercellularräume gröfser, die Zahl von Sekretionskanälen geringer und die Entwicklung des Holzes weniger stark. Am Wurzelkörper bemerkt man eine geringere Produktion von Nebenwurzeln.

---

[1]) Botan. Jahresbericht 1875, S. 432.

[2]) Annal. d. scienc. nat. 6 sér. V, p. 267.

[3]) Brenner, W., Untersuchungen an einigen Fettpflanzen. Just's Bot. Jahresb. 1900, S. 306.

[4]) Wiesner, Jul., Formveränderungen von Pflanzen bei Kultur in absolut feuchten Räumen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1891, S. 46.

[5]) Wollny, W., Untersuchungen über den Einflufs der Luftfeuchtigkeit auf das Wachstum der Pflanzen. Inaugural-Dissertation. Halle 1898.

[6]) Eberhardt, M., Action de l'air sec et de l'air humide sur les végétaux. Compt. rend. 1900, t. 131, p. 114.

[7]) cit. Centralbl. f. Agrik.-Chem. 1904, Heft 8.

Die Verzögerung der Blüte- und Reifezeit wird auch von E. Wollny[1]) angegeben, der den vorauszusehenden Umstand durch zahlreiche Versuche bekräftigte, dafs die Verdunstung von Pflanzen und Boden unter sonst gleichen Umständen um so geringer sich erweist, je gröfser der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist. Dafs in zahlreichen Fällen bei Herabdrückung der Transpiration reichliche Wasserausscheidung in Tropfenform stattfindet, und zwar bei den einzelnen Pflanzen durch verschiedene Vorrichtungen, sei nur kurz erwähnt[2]). Wir finden die Erscheinung häufig bei Topfgewächsen, welche im Herbst in noch ungeheizte Glashäuser gebracht werden oder als Zimmerpflanzen mit ihren Blättern die stark sich abkühlenden Fensterscheiben berühren.

Schliefslich erwähne ich noch die Resultate eigener Versuche[3]).

Bei Bäumen (Birnen) fanden sich die gesamten Triebe und ebenso deren einzelne Internodien in trockner Luft kürzer, die Blattstiele ebenfalls kürzer, die Blattflächen schmäler als in feuchter Luft. Bei Getreideaussaat erwies sich in feuchter Luft die Bestockung etwas geringer; die Blattzahl war darin etwas vermindert, aber die Gröfse der einzelnen Blätter vermehrt, und zwar in der Längenausdehnung, während sie in der Breite etwas abgenommen hatte. Dieselbe Dimensionsänderung zeigten auch die einzelnen Zellen des Blattes. Der Einflufs der feuchten Luft veranlafste ganz besonders eine Streckung der Blattscheiden und auch der einzelnen Halmglieder sowie selbst der Wurzeln, obgleich die sämtlichen (auch die der trocknen Luft ausgesetzten) Pflanzen in Nährstofflösung standen.

Dafs auch die Substanz neben der Form der Pflanzen bei verschiedener Luftfeuchtigkeit sich ändern wird, ist von vornherein zu vermuten. In der Tat ergaben meine Versuche, dafs in feuchter Luft eine geringere Menge von Frischsubstanz produziert worden ist, und dafs von dieser Frischsubstanz bei den Pflanzen in feuchter Luft ein gröfserer Prozentsatz auf die Wurzel entfiel. Dabei waren die oberirdischen Teile auch wasserreicher. Betreffs der Funktionen liefs sich feststellen, dafs die Verdunstung in feuchter Luft eine absolut geringere ist; sie ist aber auch pro Gramm produzierter Frisch- und Trockensubstanz eine geringere, d. h. die Pflanze braucht zur Herstellung von 1 g Substanz in feuchter Luft weniger Wasser, und dies dürfte daher kommen, dafs sie unter diesen Umständen ihre Substanz mit weniger Mineralstoffen aufbaut.

Ein weiterer Versuch mit Erbsen[4]) beweist, dafs wirklich die neuproduzierte Substanz prozentisch ärmer an Asche ist. Die durch stärkere Verdunstung in trockner Luft vermehrte Wasseraufnahme der Pflanze zur Folge hat, dafs dieselbe in der Zeiteinheit nur eine halb so konzentrierte Lösung aufnimmt als die mit geschwächter Verdunstung in feuchter Luft stehende Pflanze.

Aus diesen Resultaten ergibt sich zur Genüge eine Erklärung, weswegen Pflanzen in feuchter Luft den Krankheiten häufig leichter erliegen als die in trockner Atmosphäre gewachsenen Individuen. Man sieht,

---

[1]) Wollny, E., Untersuchungen über die Verdunstung und das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik Bd. XX, 1898, Heft 5.

[2]) s. Bot. Jahresber. 25. Jahrg., Teil I, S. 76. Abh. von Nestler und Goebel.

[3]) Sorauer, Studien über Verdunstung. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik, Bd. III. Heft 4/5, S. 55 ff.

[4]) a. a. O. S. 79.

dafs die Exemplare schmächtiger, wasserreicher und ascheärmer sich aufbauen. Und noch haben wir keinen Einblick in die Verschiedenartigkeit der organischen Bestandteile des Pflanzenleibes; es ist sehr wahrscheinlich, dafs die in feuchter Atmosphäre erwachsenen Pflanzen zuckerreicher, stärkeärmer sowie reicher an Asparagin und ärmer an wirklichem Eiweifs sind.

Einflufs feuchter Luft auf durch Trockenheit beschädigte Pflanzen.

Man wird der Meinung sein, dafs man Pflanzen, die durch intensive Trockenheit gelitten haben, am schnellsten wieder zur früheren Tätigkeit zurückführen kann, wenn man sie zunächst in eine recht feuchte Atmosphäre bringt. In dieser Beziehung erhalten wir durch folgenden Versuch eine Warnung.

Kirschbaumsämlinge, welche bei Sandkulturen eine lange Durstperiode ausgehalten hatten, zeigten alsbald eine Akkomodation an die verminderte Wasserzufuhr zu den Wurzeln. Sie verdunsteten, zunächst ohne ihren Habitus zu verändern, allmählich abnehmende Mengen von Wasser, bis der Sand etwa nur noch 4% seiner wasserhaltenden Kraft an Feuchtigkeit besafs. Von da ab begannen die Pflanzen zu welken; dabei hörte ihre Verdunstung aber auch fast ganz auf. Beispielsweise verdunstete bei einer Temperatur von 30° C. und reichlicher Sonnenbeleuchtung ein Pflänzchen, das bisher etwa 8 g Wasser täglich verbraucht hatte, nur noch ein Decigramm. Nach geeigneter Wasserzufuhr steigerte sich auch wieder langsam die Verdunstung. Wenn dagegen der Durstzustand zu lange anhielt, vertrockneten die Blätter, anfangs ohne sich zu verfärben, von den Spitzen herab.

Wurden nun die Pflanzen, nachdem sie begossen, in feuchte Luft gebracht, so erholten sie sich nicht, wie ich anfänglich geglaubt, während die unter der trocknen Glocke ihre oberen ausgebildeten Blätter wieder hoben und auch die noch nicht ganz vertrockneten Basalteile der älteren Blätter von neuem turgescent werden liefsen. Die Verdunstung richtete sich auch wieder langsam ein.

Bei Topfkulturen der Gärtner wird diese Beobachtung nützliche Anwendung finden. Man mufs übermäfsig trockne Töpfe nach dem Begiefsen an ihrem Standort belassen und nur etwas beschatten, aber nicht die Pflanze durch Überführung in eine mit Feuchtigkeit fast gesättigte Luft zu gänzlicher Untätigkeit herabstimmen.

Korkwucherungen.

Überall da, wo Kork als normale Gewebeform gebildet wird, kann durch besondere Umstände eine abnorme Steigerung, also Wucherung auftreten. Auch die reguläre Korkbildung ist in den verschiedenen Jahreszeiten in wechselnder Stärke zu beobachten. Erinnert sei an die gewöhnlichen Rindenporen mit ihren abgerundeten, durch Intercellularen getrennten Füllkorkzellen; diese Zellen, welche lange Cellulosereaktion behalten, werden während der Vegetationszeit aus einer Verjüngungsschicht stets neu erzeugt. Im Winter, wo der Gasaustausch der ruhenden Rinde ein minimaler ist, wird die Produktion des Füllgewebes sistiert; es hat sich im Herbst aus der Verjüngungsschicht statt der rundlichen Füllkorkzellen ein Verschlufs von normalem Tafelkork gebildet. Bei dem Erwachen der Rindentätigkeit im Frühjahr bildet das Korkcambium

wieder Füllkork, der die winterliche Verschlufsschicht der Lenticelle sprengt, gerade so, wie er bei der ersten Anlage der Rindenporen die Epidermis gesprengt hatte, unter der er zuerst gebildet worden war. Je feuchter die Luft wird, desto mehr treten die wasseranziehenden, sich streckenden Füllzellen über die Oberfläche der Rinde hervor. Bekannt sind die strichförmigen, mehlartigen, abwischbaren, weifsen Polster, die an feuchten Standorten bei gesteigerter Luftfeuchtigkeit und Verminderung der Transpiration der Laubkrone an den glattrindigen Stämmen der Kirschen und Erlen hervorquellen.

An der Basis starker Blattstiele von *Juglans regia*, *Sambucus nigra*, *Ailanthus glandulosa*, *Paulownia imperialis* und anderen Bäumen lassen sich im Herbst den Lenticellen äufserst ähnliche Gebilde beobachten; nur fehlt bei ihnen die Verjüngungsschicht (Stahl)[1]). Spätere Untersuchungen[2]) haben gezeigt, dafs nicht nur die Blattstielbasis, sondern bei manchen Pflanzen die Nerven auf der Blattunterseite (*Ficus stipulata*), ja schliefslich auch die Blattflächen, Korkpolster entwickeln können.

Obgleich nun diese Korkbildung auf der Blattfläche eine fast ebenso verbreitete Erscheinung wie die auf den Blattstielen ist, mit welcher sie in Bau und Entwicklung sehr viel Übereinstimmendes hat, so ist trotz der weiten Verbreitung doch in diesen Bildungen ein pathologisches Moment nicht zu verkennen.

Man kann bei diesen Korkwucherungen auf Blättern zwei Typen unterscheiden[3]). Entweder liegt die Korkfläche mit ihren Teilungswänden und ihrem meist einschichtigen Phellogen parallel zur Blattfläche in derselben Ebene, und dann erheben sich die Korkpolster über die Blattfläche in Form von Schwielen usw.; oder aber die Korkschicht und speziell ihr Phellogen liegt in Form einer uhrglasförmig eingesenkten, meist sich immer mehr vertiefenden Zone im Blattinnern. Manche Pflanzen haben beide Bildungen auf demselben Blatte. Gegenüber der Konstanz, die sich in betreff des Ortes seiner Entstehung und seiner Ausbildung bei dem Stengelkorke geltend macht, ist hier bei den Blattkorkwucherungen das Zufällige hervorzuheben. Abgesehen davon, dafs die beiden vorerwähnten Typen auf demselben Blatte vorkommen können, gibt es auch zwischen beiden Typen noch Übergänge; ja die Korkwucherungen können auf demselben Blatte in verschiedenen Schichten entstehen (meist beginnen sie in der subepidermalen Lage) und verschiedenen Entwicklungsgang haben (Bachmann).

Das äufsere Aussehen dieser Korkbildungen auf Blättern, die bei Gymnospermen, Mono- und Dikotyledonen auftreten können, ist sehr verschieden. Bald sind es kleine Hügel, bald Korkplatten oder Streifen von gröfserer Ausdehnung. Bisweilen führen die Korkwucherungen aber auch zur Bildung von Löchern, die das ganze Blatt durchbohren können (*Ilex*, *Zamia*, *Ruscus*, *Camellia axillaris*, *Peperomia obtusifolia*, *Eucalyptus Gunni* und *Globulus etc.*). Die Anfänge der Durchlochung zeigen sich in Form gelblicher Punkte. Bei Blättern mit grofsen Intercellularräumen geht der Korkbildung ein Wachstum der Parenchymzellen vorher, derart, dafs die Intercellularräume durch die Zellwandausstülpungen ausgefüllt werden. Wenn Zellen mit etwas dickeren

---

[1]) Stahl, Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Lenticellen. Bot. Zeit. 1873, Nr. 36.

[2]) Poulsen, Om Korkdannelse paa Blade. Kjöbenhavn 1875.

[3]) Bachmann, Über Korkwucherungen auf Blättern. Pringsheim's Jahrb. 1880, Bd. XII, Heft 2, S. 191.

Wandungen durch wiederholte Teilungen in Korkzellreihen umgewandelt werden, so verlieren die Zellwände ihre ursprüngliche Dicke. Häufig erfahren auch die Korkzellen, wenn sie erst die Epidermis gesprengt haben, noch eine nachträgliche Streckung; die äufseren strecken sich zuerst.

Bei *Zamia integrifolia* sieht man braune, den Nerven parallel verlaufende Streifen auf den einzelnen Fiederchen, die später in diesen Streifen stückweise oder der ganzen Länge nach einreifsen. Die Streifen sind Korkgewebe, die nicht etwa nach dem Zerreifsen der Fiedern entstehen und also Wundkork darstellen, sondern sie sind schon im jüngeren Blatte angelegte Bildungen. Auf älteren Blättern von *Dammara robusta* sind die Unter- und mehr noch die Oberseite mit Korkwucherungen bedeckt, welche in der Regel klein und niedrig bleiben. Im Jugendzustande stellen sie kleine, rote Flecke auf der grünen Blattfläche dar und werden später, wenn sie sich hügelartig erheben, braun; zuletzt finden in der Epidermis und den nächstfolgenden Korkschichten Aufreifsungen statt. Bei *Araucaria Cunninghami* und seltener bei *A. Bidwilli* finden sich an älteren, vorjährigen Blättern kleine Korkhügel, die zu Leisten miteinander verschmelzen können. Bei *Sciadopytis verticillata* und *Cryptomeria japonica* treten an älteren Blättern auch bisweilen kleine Korkwärzchen auf; häufiger (aber meist nur auf der Unterseite) lassen sich solche Bildungen an den breiten Blättern der *Sequoja sempervirens* erkennen. Störend sind in den Handelsgärtnereien kleine punktförmige Korkwärzchen bei *Cyclamen persicum* und die landkartenähnlichen Zeichnungen auf der Blattoberseite bei *Pelargonium peltatum* und bei verschiedenen Arten von Blattbegonien usw. Alle diese Korkwucherungen haben sich bis jetzt nur in den feuchten Warmhäusern und Mistbeetkästen auffinden lassen.

Von den Monokotylen zeigen Korkbildungen, die in das Blatt hineindringen: *Clivia Gardeni* Hook. und *Clivia nobilis* Lindl., *Pandanus reflexus*, *Dichorisandra oxypetala*, *Billbergia iridifolia Vanilla planifolia*, und andere Orchideen. Die beobachteten Korkwucherungen auf den Blättern finden sich nicht bei allen Exemplaren in gleicher Menge, nicht auf allen Blättern derselben Pflanze in gleicher Ausdehnung und nicht in allen Jahren in derselben Entwicklung. Man mufs daher schliefsen, dafs besondere Umstände derartige Korkbildungen veranlassen. Soweit die Erfahrung reicht, ist es ein Überschufs an Feuchtigkeit in der Luft bei anhaltender hochgradiger Wasserzufuhr durch die Wurzeln und abnehmender Lichtintensität. Einen Einblick in das Zustandekommen dieser Erscheinungen finden wir bei der

Korksucht der Kakteen.

Diese Krankheit, die bei importierten Kakteen manchmal zu finden ist, bei den in Europa gezogenen Pflanzen aber zur ständigen Sorge der Züchter geworden ist, besteht an den verschiedensten Kaktusarten in dem Auftreten trockner, papierartig aussehender Stellen. Sie beginnen in Form bald rostgelber, bald grün bleibender, etwas glasig aussehender Flecke und breiten sich entweder zu grofsen, korkfarbigen Flächen aus oder werden zu Vertiefungen, die wie vernarbte Frafsstellen erscheinen. Speziellere Studien machte ich zunächst an *Cereus flagelliformis*. Bei schwerer Erkrankung erschienen zwar die Stengelspitzen noch frisch und grün, aber in kurzer Entfernung von der Spitze begann eine Zone

rostfarbiger Flecke, die meist unterhalb eines Stachelpolsters ihren Anfang nahm. Die Flecke verschmolzen allmählich zu einer rostigen Fläche, die hier und da schülferig aufrifs.

An dem gesunden Teil bestand das Oberhautgewebe aus zwei Lagen von unregelmäfsig vier- bis sechsseitigen Zellen mit verdickter, stark cuticularisierter Aufsenwand. Unter dieser Doppelschicht lag eine einzige Reihe tangential gestreckter, collenchymatisch verdickter Zellen, auf welche das chlorophyllführende Rindengewebe mit äufserst zahlreichen Kristallen von oxalsaurem Kalk folgte. An den rostfarbigen Stengelstellen hatte sich in den Oberhautzellen Korkbildung eingefunden. Die teils mauerförmig, teils unregelmäfsig gelagerten Korkzellen traten allmählich kappenartig hervor und rissen schliefslich am Gipfel des Hügels entzwei, wobei die cuticularisierte Aufsenwand der oberen Epidermislage gesprengt wurde.



Fig. 70. Stammstück eines *Phyllocactus*, das unterseits Korkwucherungen in Schwielen zeigt, während auf der Gegenseite der Durchlöcherungsprozefs beginnt. (Orig.)

Bei andern Cereusarten erschienen einzelne Seiten des Stengels auf gröfseren Strecken weifslich und trocken. Hier hatten sich in den an den Stengelkanten papillös vorgezogenen, an den Stengelflächen ebenen Epidermiszellen Korklagen gebildet. An jungen Flecken bemerkte man eine Veränderung des Rindenparenchyms; die äufseren Zellen waren nicht mehr ausgeprägt collenchymatisch und tangential gestreckt, sondern mehr in radialer Richtung verlängert, dünnwandig, chlorophyllarm und teilweise gefächert. Durch diese Streckung drückten die Zellen der Rinde das Korkgewebe nach aufsen hervor und verursachten auf diese Weise weifslich aussehende Blasen oder Schwielen.

Bei den Gattungen *Opuntia* und *Phyllocactus* tritt die zweite Art der Korkwucherung, welche zur Bildung vertiefter Stellen oder zur gänzlichen Durchlöcherung führt, mehr in den Vordergrund. Die beistehende, von einem *Phyllocactus* stammende Figur 70 läfst beide Vorgänge der Korkwucherung erkennen. Auf der Unterseite sehen wir die schwieligen Vorwölbungen, auf der Oberseite die beginnende Durchlöcherung.

Der flache Stengel zeigt im Querschnitt aufserhalb des Gefäfsbündelkörpers den fleischigen Rindenkörper, der an den gesunden Stellen mit Stärke (*st*) erfüllt ist und zahlreiche Schleimzellen (*s*) und Kalkoxalatprismen und Drusen (*o*) enthält. Bei Beginn der Schwielenbildung ist ein Teil des Rindenparenchyms unter Verbrauch der Stärke in Streckung und Fächerung eingetreten und hat die Epidermis vorgewölbt. Die inhaltsarmen, peripherischen Gewebe (*i*) beginnen abzusterben, und eine Tafelkorklage (*t*) grenzt das tote, in den Intercellularen stark lufterfüllte Gewebe von dem noch saftigen ab. Damit kommt der Krankheitsprozefs zur Ruhe, und der Stengel erscheint mit papierartig-trocknen Flecken besetzt. Wenn dagegen der Faktor, der die Entstärkung und Streckung des Rindenparenchyms einleitet, nicht in seiner Wirksamkeit erlischt und gröfsere Partien absterben, reifst schliefslich die Oberfläche des abgestorbenen Gewebes entzwei, und es bilden sich Löcher (*l*), die allmählich sich immer mehr vertiefen, indem die Tafelkorkbilung (*t*) immer weiter nach innen zu fortschreitet. Bei *r* ist die Veränderung des Inhalts der Rindenzellen, die zur Korkbildung Veranlassung gegeben hat, am frühesten und intensivsten aufgetreten und schreitet dort auch am schnellsten in das Blattinnere hinein fort.

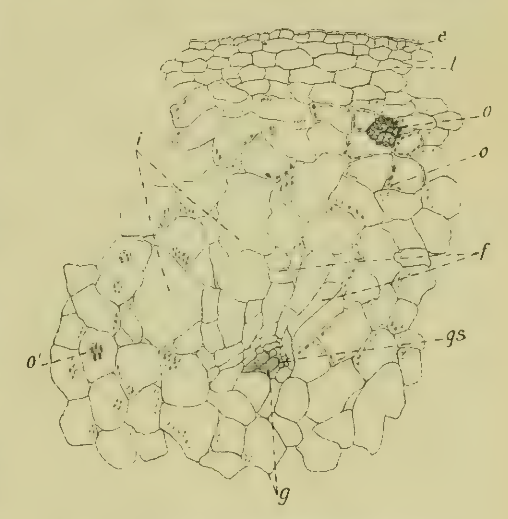


Fig. 71. Anfangsstadium der Korkwucherungen bei *Phyllocactus*. (Orig.)

Der Korkbildungsprozefs an sich ist bei den Kakteen ein normaler Vorgang, wenn die Stengel ein gewisses Alter erreicht haben. An der Basis alter Stämme zeigt sich eine Borkenbildung wie bei unseren Gehölzen. Das Pathologische ist die im jugendlichen Teile bereits sich einstellende Bildung von Tafelkorklagen auf Kosten des Rindengewebes. Und die Veranlassung dazu wird in dem Vorgang zu suchen sein, dafs sich Gewebeherde in der Rinde bilden, deren Zellen unter Auflösung der Stärke und allmählicher gänzlicher Verarmung des Inhalts sich strecken.

In Figur 71 lernen wir die ersten Veränderungen der Gewebe kennen, welche sowohl die Korkschwielen als auch die Durchlöcherungen einleiten. Wir haben ein Stück Rindengewebe von Phyllocactus vor uns, das sich durch eine kaum merkliche Verfärbung ins Gelbe und äufserst schwache Vorwölbung von der gesunden Umgebung unterscheidet. Es bedeutet *e* die Epidermis, *l* die collenchymatisch verdickten Zellen, *o* Kalkoxalatkristalle. Die Veränderung beginnt in der unmittelbaren Nähe der Gefäfse *g* an dem zarten Nervenstrange, welcher das saftige Parenchym durchzieht. Die dunkleren Tupfen in dem Parenchym deuten die Chlorophyllkörner an, welche entweder in normaler, wandständiger Lagerung sich befinden oder innerhalb grofser, stark lichtbrechender Inhaltstropfen (*o'*) zusammengezogen liegen. Der Erkrankungsprozefs beginnt damit, dafs (wahrscheinlich infolge einer

Häufung abbauender Enzyme und Steigerung des Säuregehaltes) die Zellen der Gefäfsbündelscheide (*gs*) und dann der weiteren Umgebung (*i*) an Inhaltsstoffen verarmen und dabei sich strecken. Es entsteht somit eine „innere Intumuscenz“, die, wenn sie bis in die Nähe der Oberfläche fortgeschritten ist, die Korkbildung einleitet. Greift die Verarmung des Zellinhalts weiter nach rückwärts in die innere Rinde hinein, so wird immer mehr Kork gebildet. Da derselbe bei dem Wachstum des Organs der Streckung nicht folgen kann, so mufs er zerreifsen. Bei der Bildung oberflächlicher Schwielen werden dieselben schliefslich gesprengt. Bei der nach der Tiefe fortschreitenden Korkbildung aber reifst der Korkzylinder lochartig auf und es entstehen tiefe Gruben, wie bei dem Tiefschorf der Kartoffeln, die zur vollkommenen Durchlöcherung führen können.

Eine erfolgreiche Bekämpfung der den Kakteenzüchtern unangenehmen und zu Verlusten führenden Erscheinung wird durch Nachlassen des Begiefsens und reiche Luftzufuhr eingeleitet. Unter Umständen, namentlich bei mehrjähriger Wiederholung der Erkrankung, mufs ein Trockenhalten der Pflanzen bis zur Schrumpfung eintreten.

Zerfressene oder gefensterte Blätter.

Sowohl bei krautartigen Pflanzen als auch bei Bäumen ist in einzelnen Lokalitäten der Umstand befremdlich, dafs die Blätter vielfach durchlöchert sind, als ob ein Tier die Substanz zwischen den Rippen herausgefressen hätte, ohne dafs aber ein tierischer Schädiger aufzufinden wäre. Die Beobachter werden in der Regel um so ängstlicher, je länger der Vorgang anhält, weil er sich in seiner Intensität zu steigern pflegt. Es können dann derartig extreme Fälle eintreten, dafs einzelne Blätter fensterartig durchbrochen erscheinen, indem nur das Rippennetz mit schwachen Säumen von Blattparenchym noch übrig bleibt. Derartige Blätter sind nicht selten verbogen und gekräuselt, sterben aber nicht vorzeitig ab. Die Triebe selbst lassen keine Erkrankung erkennen und entwickeln häufig in den Achseln der gefensterten Blätter neue Sprosse mit normaler Belaubung.

Der extremste Fall, den ich zu beobachten Gelegenheit hatte, betraf Kartoffeln, deren Triebe zu Anfang des Monats Juli an einzelnen Stauden nur durchlöcherte Blätter zeigten (s. Fig. 72). Während meist die unteren nur vereinzelte Löcher besafsen, waren die oberen in den Intercostalfeldern lang zerspalten und durch Zerstörung der Randpartien mannigfach zerschlitzt. Manchmal sahen die jüngeren Blätter federartig aus, da die einzelnen Teilblättchen nur aus den Rippen mit ganz schmalem Saum bestanden.

Zwischen den Durchlöcherungen bemerkte man in den Blattflächen bei durchfallendem Lichte vergilbte Punkte, und diese erwiesen sich als die Anfangsstadien eines Verkorkungsprozesses, der mit Durchbohrung der Blattfläche endete. Die Korkbildung erfolgte in der Art, wie sie im vorhergehenden allgemeinen Abschnitt beschrieben worden ist. Sie erwies sich aber nicht als das Primäre, sondern war erst eine Folgeerscheinung. Die ersten Anzeichen der Erkrankung bestanden in dem Verblassen einzelner Mesophyllgruppen, meist in der Nähe feiner Nervenäste. Das Palisadenparenchym war häufiger als das Schwammparenchym beteiligt. In einzelnen Fällen bemerkte man an Stelle des Verbleichens eine Braunfärbung des Zellinhalts, begleitet von Ver-

korkung der Wandungen. Die Epidermis folgte in ihren Veränderungen den Mesophyllgruppen, und es entstanden kleine abgestorbene Gewebeherde, die sich nicht weiter veränderten.

In den Gruppen von Zellen, welche durch Auflösung ihres Chlorophyllkörpers die durchscheinenden Blattstellen verursacht hatten, zeigte sich eine Vergröfserung, durch welche die unbeteiligt bleibende Epidermis vorgewölbt wurde. In den vergröfserten Mesophyllzellen stellte sich nun Korkbildung ein. Dabei brach die verkorkte Stelle auf. Durch das Fortschreiten dieser Vorgänge rückwärts in das Blattfleisch hinein vertieften sich die Korkherde bis zur vollständigen Durchlöcherung. Dieselbe wird verständlich, da es sich um jugendliche Blätter handelt, die durch ihr Wachstum alle Gewebe spannen und



Fig. 72. Kartoffelblatt infolge krankhafter Korkbildung durchlöchert. (Orig.)

diejenigen, die durch Verkorkung der Ausdehnung nicht folgen können, zum Zerreifsen veranlassen.

Der Vorgang ist also im Prinzip derselbe wie bei den Stämmen der Kakteen.

Auch bei den anderen Pflanzen, welche Durchlöcherungen der Blätter aufweisen, lassen sich als Anfangsstadien die Verarmung und Vergröfserung einzelner Zellgruppen erkennen, und es reihen sich daher diese Fälle naturgemäfs an die Erscheinungen an, die im Folgenden als I n t u m e s z e n z e n beschrieben werden sollen. Dort wird auch auf die Ursachen noch einmal näher eingegangen werden.

Bei dem Zustandekommen der Durchlöcherungen spielt die individuelle Ernährung eine Hauptrolle: denn man findet an denselben Standorten Exemplare, die gänzlich „zerfressen“ aussehen neben nahezu

normal bleibenden Pflanzen. Bisweilen leiden nur einzelne Arten. So sah ich beispielsweise in Gruppen aus verschiedenen Ahornspezies nur eine einzige sehr kräftig wachsende mitten zwischen anderen gesund sich entwickelnden Arten erkrankt.

Korkbildung an Früchten.

Bekannt sind die sogenannten Rostzeichnungen auf Äpfeln und Birnen, d. h. braune, stumpfe, nicht selten schülferige Fleckchen oder Linien auf der glatten Fruchtoberfläche. Einzelne Sorten zeigen die Erscheinung alljährlich, sodafs sie in die Beschreibung des Sortencharakters aufgenommen worden ist. Es sind Korkbildungen, die in der Regel von Spaltöffnungen ausgehen. Abnorm wird der Vorgang in einzelnen Jahren dadurch, dafs nicht nur die „rostfleckigen Sorten“, sondern auch gewöhnlich glattschalig bleibende Früchte zur Hälfte oder gänzlich eine korkfarbige Oberfläche erhalten und vielfach später klaffend aufspringen.

Es liegen hier Verletzungen der Epidermis zur Zeit der ersten Schwellungsperiode der Früchte zugrunde. In den mir bekanntgewordenen Fällen (Äpfeln, Birnen, Pflaumen, Weinbeeren) liefs sich nachweisen, dafs ein leichter Spätfrost die Cuticulardecke der jungen Frucht durch unzählige kleine Risse zerklüftet hatte. Unterhalb der mikroskopisch kleinen Sprünge bildete die Frucht sofort Korklagen aus. Stellenweise vertrocknen die Epidermiszellen und bleiben nebst den erstgebildeten Korkzellen als Schülfern auf der nunmehr stumpf lederfarbigen Fruchtoberfläche sitzen.



Fig. 73. Weinbeeren mit Korkwarzen (W) am Fruchtstiel. (Orig.)

Überall da, wo die verkorkten Stellen eine zusammenhängende Fläche bilden, wird der fortschreitende Schwellungsprozefs der Frucht behindert, und die Folge ist, dafs die Frucht klaffende Sprünge bekommt. In diese wandert besonders gern die Monilia hinein und mumifiziert die Früchte.

Allein diese Erscheinungen gehören, streng genommen, nicht hierher; sie haben nur insofern einen Zusammenhang mit Wasserüberschufs, als die Zerklüftungen um so leichter auftreten, je schneller bei anhaltender Feuchtigkeit die Schwellung der Früchte erfolgt.

Dagegen möchte ich das Auftreten von Korkwarzen an Beerenstielen der Weintrauben als einen nur bei feuchter Luft sich bemerkbar machenden Vorgang bezeichnen. In Fig. 73 finden wir zwei Beeren, deren Stiele ein gebräuntes, holperiges Aussehen durch das Auftreten vieler korkfarbiger, dichtgestellter Wärzchen zeigen. Die Erscheinung tritt schon auf, ehe die Beeren ihre normale Gröfse erreicht haben.

Die Warzen sind an der Ansatzstelle der Beeren am reichlichsten entwickelt; stärkere Äste der Fruchtspindel pflegen glatt zu bleiben, und es zeigen in der Regel auch nur einzelne Trauben eines Stockes die Erkrankung. Dieselbe ist, solange warme, trockene Witterung herrscht, bedeutungslos; sie wird erst gefährlich, wenn bei anhaltend

feucht-warmem Wetter Parasiten sich einnisten. Folgt dann eine scharfe Trockenperiode, schrumpfen einzelne stark warzige Stielchen und die dazu gehörigen Beeren.

In Fig. 74 sehen wir den Querschnitt durch einen warzigen Beerenstiel, der den gewöhnlichen Bau der Achse zeigt, aber einzelne auffällig weite Markstrahlen (*ms*) besitzt, die den Holzring (*h*) zerklüften. Im Rindenkörper bemerken wir in regelmäfsiger Verteilung die Hartbastgruppen (*b*) und vor ihnen die Siebelemente (*s*) mit oftmals dick verquollenen Wandungen. Bei *o* sind die reichlich vorhandenen Kalkoxalatkristalle angedeutet; dieselben treten teils als kleine Drusen, teils als Raphidenbündel auf. Die verschiedenen Stadien der Korkwarzenbildung sind mit *W* bezeichnet. Die warzigen, den Lenticellen ähnlichen Auftreibungen entstehen dadurch, dafs einige direkt unterhalb der Epidermis oder etwas tiefer liegende Rindenparenchymzellen sich radial vergröfsern und die Oberhaut leicht vorwölben. Durch Steigerung dieses Vorganges, wobei Fächerung der gestreckten Zellen nicht ausgeschlossen ist, entsteht ein Gewebehügel, dessen verkorkende Kappe sich schliefslich bräunt und entzweireifst. Durch die Vermehrung des Rindenparenchyms und Absterben der äufseren braunen, verkorkten Elemente entstehen die gröfseren Warzen, deren peripherische Zelllagen schalenförmig auseinanderweichen. Es bildet sich dabei ein deutliches Korkcambium aus, das mit dem Absterben der äufseren Schichten rückwärts immer tiefer in die Rinde des Beerenstiels hineingreift. Bleibt die Witterung dauernd trübe, warm und feucht, oder sind die Trauben zu stark unter dem Laube versteckt, so ist für die Ansiedlung von Mycelpilzen, unter denen *Botrytis cinerea* in erster Linie bemerkbar wird, die günstige Gelegenheit geschaffen.

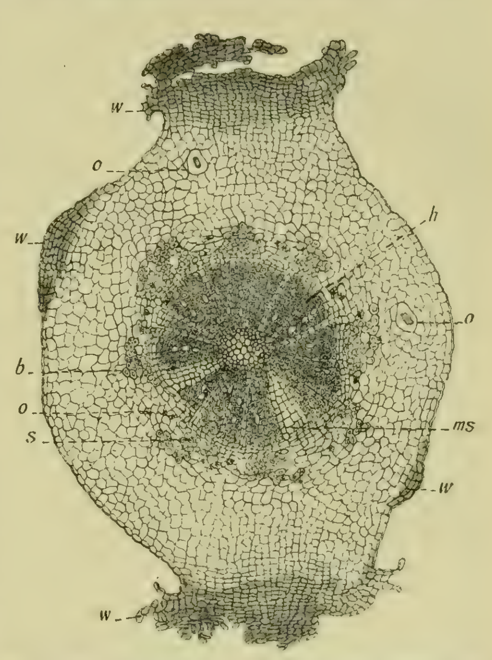


Fig. 74. Querschnitt durch den warzigen Fruchtstiel einer Weinbeere. (Orig.)

Die Erscheinung ist namentlich in den Treibhäusern zu finden, und hier mufs die geschlossene, feuchte Atmosphäre durch Lüften bei gleichzeitigem Heizen verbessert werden. Zeigen sich warzige Beerenstiele im Freien, lichte man das vor den Trauben befindliche Laubwerk stärker aus und schüttle nach jedem Regen das von demselben festgehaltene Wasser sorgfältig ab.

Als Begleiterscheinung der Korkwarzen beobachtete ich einmal bei jungen Weinblättern am Grunde zwischen stärkeren Seitenrippen lippenartig einander gegenüberstehende Flügel der Blattfläche. Diese Auswüchse (Emergenzen) waren durch Aufbrechen der Blattfläche (meist über einem Gefäfsbündel) entstanden.

Anhangsweise sei hier noch das Chagrinieren der Rosenstämme angeführt. Die hochstämmigen Rosen werden bekanntlich über Winter niedergelegt und mit Reisig oder Erde zugedeckt. An jungen, noch glattrindigen Stämmen findet man bisweilen im Frühjahr bei dem Herausheben aus der Erde dieselben mit kleinen Warzen besät, von denen eine Anzahl in der Regel mit einem bleichen oder braunroten Hof umsäumt ist. Die Warzen sind Lenticellenwucherungen. Dieselben beginnen unterhalb der Spaltöffnungen und treiben die Schliefszellen auseinander. Dort, wo ein verfärbter Hof sich vorfindet, ist Mycel nachweisbar.

Gelbsprenkelung (aurigo).

Bei Monokotyledonen mehr als bei Dikotyledonen erscheinen die Blätter bisweilen mit gelben oder rötlich-braunen Fleckchen übersät. Die Sprenkelung beginnt von der Spitze aus, und die Zahl der Flecke, die in der Regel durch eine blasse Randzone in die sonst normal grünbleibende Blattfläche übergehen, kann sich bei Beginn der Krankheit dadurch vermehren, dafs zwischen den erst entstandenen noch neue kleine Fleckchen sich ausbilden. Ein Verschmelzen derselben ist seltener. Bisweilen ist mit der Verfärbung eine Auftreibung des Gewebes verbunden, und es zeigt sich dann ein deutlicher Übergang zu den eigentlichen Intumescenzen[1]).

Die Gelbsprenkelung tritt besonders bei Glashaus- und Zimmerpflanzen auf, und unter diesen begegnen wir der Erscheinung am häufigsten bei Dracänen, Palmen und Pandanusarten.

Um ein Beispiel zu geben, wie diese Flecke sich ausbilden und unter Umständen bis zur Blattdurchlöcherung fortschreiten können, führe ich einige Beobachtungen an *Pandanus javanicus* an.

Die Flecke entstehen stets in einer zwischen zwei Rippen liegenden Mesophyllpartie, die nach der Blattoberseite hin den Charakter des Palisadenparenchyms, an der Unterseite den des Schwammparenchyms aufweist, in der Mitte aber aus sehr zartwandigen, nahezu isodiametrischen, mit farblosem, wässerigem Inhalt erfüllten, etwa sechsseitigen Zellen besteht.

Von dieser innersten, farblosen Gewebegruppe beginnen die peripherischen, also dem chlorophyllführenden Mesophyll angrenzenden Zellen sich nach der Seite des geringsten Widerstandes, d. h. nach dem Zentrum hin, übermäfsig zu strecken, wobei sie häufig die centralen Zellen zusammendrücken. Nicht selten erfolgt die Streckung nur in den direkt nach oben und nach unten gerichteten, aber nicht in den seitlichen Zellen der zartwandigen Gruppe, und es entsteht dadurch eine eigentümliche Lagerung. Die centrale Partie des Gewebes besteht dann aus radial gestellten, schlauchförmig ausgezogenen, oft durch Quellung dickwandiger gewordenen, inhaltslosen Zellen, die später braun werden und verkorken. Bei zunehmender Intensität wird das Schwammparenchym unter Auflösung seines Chlorophyllkörpers in diesen Streckungsprozefs hineingezogen; sein Inhalt zerfällt zu braunkörniger Substanz, und damit wird die gelbe Färbung intensiver. Mit dem Hineinziehen des chlorophyllreichen Gewebes in den abnormen Streckungsprozefs erhebt sich die Blattoberfläche oft schwielenartig.

---

[1]) Sorauer, P., Über Gelbfleckigkeit. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik Bd. IX, Heft 5.

Häufig bleibt mit der Verkorkung der gestreckten Zellelemente der Krankheitsprozefs stehen, und wir haben dann eben nur gelbe, im jugendlichen Stadium sogar erst bei durchfallendem Lichte erkennbare Flecke. Der ganze Erkrankungsherd kann dabei durch eine Zone wirklicher Korkzellen vom gesunden Gewebe abgeschnitten werden. Bei fortschreitender Intensität der Erkrankung, bei welcher schliefslich sogar die Zellen der Gefäfsbündelscheide unter Quellung ihrer Wandungen mit nachfolgender Bräunung an der Überverlängerung teilnehmen können, sprengen die sich streckenden Mesophyllzellen die darüberliegende Epidermis. Es folgen dann die Vorgänge, welche bei den Durchlöcherungserscheinungen bereits beschrieben worden sind. Äufserlich ähnlich aussehende Pilzerkrankungen lassen sich bei Pandanus leicht unterscheiden, da dabei die Zellstreckungen fehlen. Bei *Dracaena rubra* und *Draco* beschränkt sich der Krankheitsprozefs bisweilen nur auf den Zerfall des Chlorophylls in den inneren Zellgruppen; hier wurden mehrfach Membranen mit perlig in das Zellinnere vorspringenden Quellungsstellen wahrgenommen. Bei *Dracaena indivisa* beobachtete ich während der Verfärbung der Krankheitsherde, dafs bei der Auflösung des Chlorophylls reichlich Zucker in den Zellen nachweisbar war, der im gesunden Gewebe sich nicht zeigte und in dem Krankheitsherde verschwand, sobald Bräunung und Verkorkung der Wandungen eintrat.

Die Gelbsprenklichkeit erweist sich somit in vielen Fällen als Vorstadium der eigentlichen Intumescenzen, in andern aber, wie z. B. bei den Dracänen, bleibt sie meist als selbständiges Krankheitsbild bestehen, und hier weisen das vorübergehende Auftreten von Zucker und die perligen Membranquellungen auf dieselben Ursachen hin, welche bei der Überverlängerung von Zellen zur Wirkung gelangen. Bei der praktischen Behandlung hat man sich zu vergegenwärtigen, dafs die Pflanzen, welche Aurigo zeigen, unter einer Wasserzufuhr leiden, die sie nicht bewältigen können. Die Wassergaben brauchen gar nicht stärker wie früher zu sein; aber sie werden den Pflanzen in der Ruheperiode verabreicht, in der ihre Assimilationstätigkeit herabgedrückt ist und die äufsern Verhältnisse nicht dazu angetan sind, dieselbe zu heben. Die Flecke treten nämlich vorzugsweise im Herbst und Winter auf, wenn die Pflanzen in warme Räume gebracht werden. Sie haben dann wohl Wärme und Wasser nebst mineralischen Nährstoffen, aber nicht Licht genug. Man mufs deshalb die einseitige Reizung entfernen und die Pflanze kühler, trockner und möglichst hell stellen.

Intumescenzen.

Noch nicht genügend von den praktischen Pathologen gewürdigt sind die meist gruppenweise auftretenden, knötchenförmigen oder pustelartigen Gewebeauftreibungen, die ich seinerzeit als „Intumescentia“ eingeführt habe. Sie sind vorherrschend an Blättern gefunden worden, sind aber auch an Stengeln nicht selten; spärlich waren bisher die Beobachtungen über Intumescenzen an Blumen und Früchten.

Den besten Einblick in die Entwicklung solcher Gebilde, deren Wert in ihrer symptomatischen Bedeutung liegt, erlangen wir durch Betrachtung eines bestimmten Falles. Bei *Cassia tomentosa* fand ich im Januar 1879 in einem Warmhause die jungen Triebe mit Blättern besetzt, deren Fiederchen nach unten gekrümmte Ränder aufwiesen. Die Krümmung erschien durch ein gesteigertes Wachstum der Oberseite

hervorgerufen, welche pustelartige Auftreibungen bemerken liefs. Je weniger Auftreibungen, desto flacher das Blattfiederchen und desto mehr fanden sich die Erhabenheiten in der Nähe der Mittelrippe: wenn dieselben sehr reichlich und gleichmäfsig über die ganze Fläche verteilt waren, erschien das Blatt fast blasig. Wirklich blasig konnte man es aber nicht nennen, weil den Auftreibungen der Oberseite keine gleichgrofse Vertiefung der Unterseite entsprach.

Die Auftreibung ist kegelförmig, anfangs mit derselben Färbung und matten Oberfläche versehen wie das übrige Blatt; später wird die Spitze des Kegels heller, straffer und glänzender. Noch später wird die Spitze gelb, verbreitert sich, reifst (Fig. 75 *ze*) endlich auf (wenn nicht vorher das ganze Fiederchen vergilbt), und die Auftreibung erscheint nun in der Mitte trichterförmig vertieft und gebräunt.

Die Ursache der Erscheinung ist das stellenweise schlauchartige Auswachsen des Palisadenparenchyms (*p*) der Blattoberseite, das an

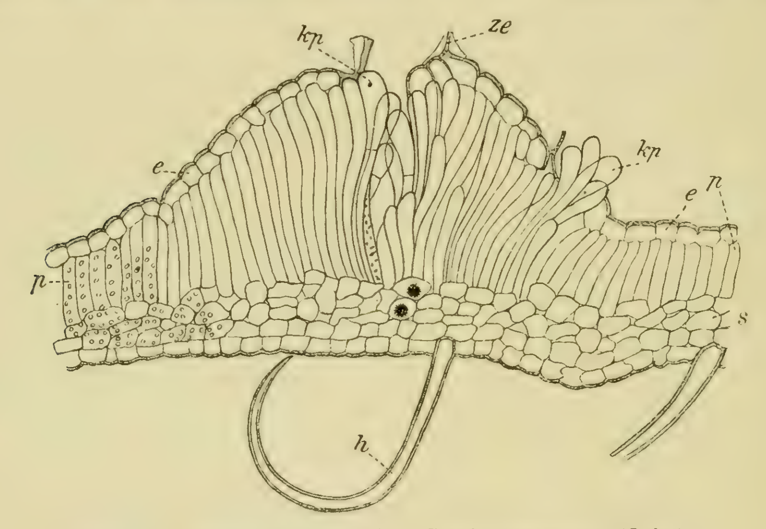


Fig 75. Blattintumescenz bei *Cassia tomentosa*. (Orig.)

den normalen Stellen chlorophyllreich, dicht aneinandergelagert und nur nach dem Schwammparenchym (*s*) hin mit schmalen, spaltenförmigen, lufterfüllten Intercellularräumen versehen sich erweist.

Sobald die Anschwellung beginnt, fangen die Chlorophyllkörner an, von der Spitze der Zelle aus zu verschwinden, und die Zellen verlängern sich derart, dafs zuerst nur wenige die Streckung beginnen, allmählich aber die Umgebung mit in den Streckungsprozefs hineingezogen wird. In dem Mafse, als die Verlängerung fortschreitet, wird immer mehr Chlorophyll gelöst, so dafs schliefslich die schlauchförmig gewordenen Palisadenzellen fast ganz farblos oder mit wenigen kleinen, gelblichen, im ganzen Zellraum zerstreuten Körnern versehen erscheinen. Mit der Verlängerung der Zellen, die die Epidermis in die Höhe stülpen, ist auch eine geringe Breitenzunahme verbunden, wodurch die Zellen seitlich sehr fest aneinandergeprefst erscheinen und nur nach dem Schwammparenchym hin noch schwache Intercellularräume zeigen. Sobald der Druck des sich vorwölbenden Gewebes die

Epidermis (c) an der höchsten Stelle der Auftreibung entzweigesprengt hat (ze), schwellen die nun freigewordenen Enden des Palisadenparenchyms keulig auf (kp) und verdicken unter Bräunung mehr oder minder tief abwärts ihre Wandungen. An der Durchbruchstelle und deren Umgebung bräunen sich auch die Epidermiszellen und fallen teilweise zusammen.

Derselbe Vorgang der Auftreibung kann auch auf der Unterseite des Blattes eintreten; dabei werden die direkt unter der mit Haaren (h) versehenen Epidermis liegenden, sonst etwa isodiametrischen Zellen des Schwammparenchyms auch lang-zylindrisch.

In einzelnen Epidermiszellen, sowohl der Ober- als Unterseite des Blattes und auch in manchen der schlauchförmig ausgewachsenen Parenchymzellen zieht Glycerin einzelne grofse oder mehrere kleine Glykosetropfen zusammen.

Ähnliche Blattauftreibungen fand ich bei gelbfleckigen und auch bei noch normalgrünen Blättern von *Acacia longifolia* und *microbotrya.*

Als Beispiel für das gemeinsame Vorkommen der Intumescenz mit Korkblattern führe ich *Myrmecodia echinata* an, deren Blätter die Intumescenzen meist auf der Blattunterseite, die Korkwucherungen aber vorherrschend auf der Oberseite entwickeln. In Fig. 76 erkennen wir, dafs hauptsächlich an der Bildung der zartdrüsigen Gewebeauftreibung die beiden der Epidermis zunächstliegenden Parenchymschichten beteiligt sind. Die Epidermis mit ihren unverändert gebliebenen Spaltöffnungen (c) ist in die Höhe getrieben und an der Grenze des normalen Gewebes abgesprengt worden; sie erscheint aber, was bemerkenswert, noch ungebräunt und turgescent, also wie die schlauchförmigen Mesophyllzellen (a) noch vollständig ausreichend ernährt. Erst in einem weit vorgeschrittenen Altersstadium des Blattes sah ich die Auftreibungen zusammentrocknen und durch Bildung einer Tafelkorklage an ihrer Basis (b) vom gesunden Parenchym abgeschnitten.



Fig. 76. Blattstück von *Myrmecodia echinata* mit aufbrechender Korkwarze auf der Oberseite und drüsiger Intumescenz auf der Unterseite. (Orig.)

Die teils blasig, teils warzig auftretenden Korkwucherungen finden sich am häufigsten ohne die Begleitung von Intumescenzen. Sie sind unregelmäfsig über die ganze Blattfläche als rostfarbige, bisweilen silberig glänzende Fleckchen verteilt. Bevorzugt ist die Gegend der Mittelrippe.

Die Korkbildung beginnt hier innerhalb der Epidermiszellen und schreitet von da aus in das Mesophyll hinein fort, indem zunächst die zwei anstofsenden Lagen des aus 4—5 Reihen farbloser, inhaltsarmer, sehr weitlumiger Zellen gebildeten Hypoderms ergriffen werden (d). Das darunterliegende Palisadenparenchym, das in kegelförmigen Strebe-

pfeilern (*e*) in das Hypoderm hineinreicht, wird meist nicht irritiert, zeigt aber, ebenso wie das chlorophyllarme Schwammparenchym, zur Zeit der Korkbildung in jeder Zelle einen stark lichtbrechenden, oft grün gefärbten Tropfen.

Manchmal ähneln derartige Korkpolster in hohem Grade gewissen Pilzerkrankungen, wie ich Gelegenheit hatte, an *Pelargonium zonale* zu beobachten.

An dieser Pflanze waren die Blätter unterseits mit einzelnen oder zu gröfseren Gruppen vereinigten, weifsen, cystopusähnlichen Polstern bedeckt. Dieselben erwiesen sich als halbkugelige, später manchmal fächerig auseinandergehende, lufterfüllte Korkwucherungen. Letztere begannen mit einer Vergröfserung des Schwammparenchyms, wobei alle Intercellularräume ausgefüllt wurden. Die Epidermis blieb in der Regel unverändert, während die daranstofsenden Mesophyllzellen sich senkrecht zu derselben streckten und unter allmählichem Verlust des Chlorophylls sich durch Korkwände fächerten. Die Korkzellen verloren teilweise durch unregelmäfsige Vergröfserung ihre parallele Anordnung und wölbten sich stark in die Höhe, bis die Epidermis rifs. Dieselbe machte aber vorher ihren hemmenden Einflufs dadurch geltend, dafs sie die Korkzellen drückte, wodurch die Wandungen zerknittert erschienen. Der Streckungs- und Korkbildungsprozefs griff immer tiefer rückwärts in das Mesophyll hinein, wodurch die Wucherungen bis zur vierfachen Ausdehnung der Blattdicke bisweilen gelangten. In die Spaltöffnungen und später in die Wunden der aufreifsenden Korkwucherungen wuchs ein braunes gewundenes Mycel (vielleicht ein *Cladosporium*) hinein.

Reichlich von Intumescenzen hat der Weinstock zu leiden und namentlich die Exemplare, die in Glashäusern behufs Frühtreiberei im freien Grunde ausgepflanzt sind. Es wurden aufser den Blattauftreibungen auch an den Beerenstielen Knötchenbildungen bisweilen beobachtet, und da diese eine von den vorher geschilderten Warzen abweichende Bauart zeigen, mögen sie hier eingehender beschrieben werden.

Beistehende Fig. 77 ist der Querschnitt durch ein solches Knötchen. Die den Holzring des Beerenstiels bildenden Gefäfsbündel sind mit *h* bezeichnet; *m* ist der Markkörper, *h b* der Hartbast, bis zu welchem die abnorme Veränderung des Rindenparenchyms zurückgreift. Dieselbe zeigt sich in einer Ausweitung und schliefslichen radialen Überverlängerung des unterhalb der collenchymatischen Elemente liegenden Parenchyms, dessen Zellen sich nachträglich gefächert haben. Durch diese Überverlängerung wird das Collenchym (*c*) zusammengedrückt und, ohne vorher an der Streckung teilgenommen zu haben, samt der Epidermis zum Absterben gebracht. Die normale Epidermis erkennt man bei *e*; *k* ist die an der Grenze des absterbenden Gewebes sich bildende Korkzone. Letztere ist übrigens nicht immer zu finden; manchmal geht das absterbende unmerklich in das sehr dünnwandige, noch lebende Gewebe über, das an der Übergangsstelle schwach verkorkte Wandungen zeigt. *c g* normales, hier gruppenweise und nicht in zusammenhängendem Ringe auftretendes Collenchym. Die Fächerung und Überverlängerung des Rindenparenchyms und das Fehlen von Korkwucherungen unterscheidet diese knötchenförmigen Intumescenzen von den früher geschilderten Korkwarzen, die im Jugendstadium grofse Ähnlichkeit mit jenen haben.

Die auf den Weinblättern bemerkbaren Intumescenzen erscheinen auf der Unterseite in Form drüsiger Erhabenheiten, die oftmals zusammenfliefsen und auf der Blattoberfläche durch gelblich verfärbte, bisweilen auch etwas erhabene Stellen angedeutet werden. Sie entstehen durch schlauchförmiges Auswachsen des unter der Epidermis liegenden Schwammparenchyms, dessen Zellen sehr verarmt an festen Inhaltsstoffen und durch Ausweitung dicht aneinandergeprefst erscheinen. Mit ihrer zunehmenden Überverlängerung wird die sie deckende Epidermis gebräunt und entzweigesprengt.

Anfangs sind nur die direkt unter der Epidermis liegenden Zellen irritiert; aber kurz nach Beginn der Auftreibung wird auch die nächstinnere Zellschicht ergriffen, und diese ist es in der Regel, welche später die gröfste Streckung erfährt, und deren Zellen sich nicht selten durch nachträgliche Querwände teilen. Die das Zentrum der Auftreibung einnehmenden Zellen sind am längsten und schmälsten und

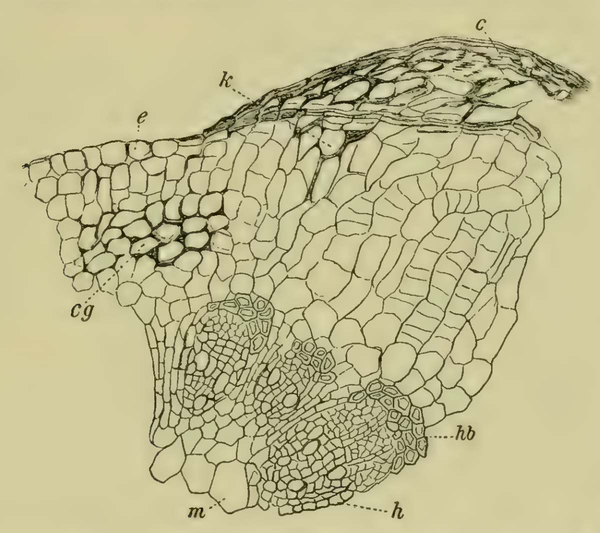


Fig. 77. Teil einer knötchenförmigen Intumescenz am Stiel einer Weinbeere. (Orig.)

stehen genau senkrecht zur Oberfläche des Blattes, während die seitlich anstofsenden schief fächerförmig gelagert sind, an Länge ab- und an Breite zunehmen. Stärke ist nicht nachweisbar. In den extremsten, zur Beobachtung gelangten Fällen sind sämtliche Zellen des Mesophylls bis zum Palisadenparenchym der Oberseite hin in die Streckung hineingezogen; das letztere selbst jedoch sah ich nicht ergriffen.

Wie gesagt, sind diese Erscheinungen bei der Weintreiberei gar nicht selten, und hierbei finden sich Fälle, welche auf die Ursachen der Intumescenzen mit grofser Deutlichkeit hinweisen. Aus dem im Laufe der Jahre mir häufig zur Verfügung gewesenen Material greife ich als Beispiel eine Mitteilung des Herrn Hofgärtner Roese heraus.

Derselbe hatte ein Weinhaus, das mit 14 Stöcken besetzt war; von diesen gehörten 6 Stück der Sorte Black Hamburgh (Blauer Frankenthaler) an, und einer derselben stand an derjenigen Seite des Glashauses, an welcher die Wasserheizungsröhren aus dem Vorhause eintraten. Hier war also erhöhte Wärme bei reichster Luftfeuchtigkeit vorhanden,

und dieser Stock allein entwickelte derart Intumescenzen, daſs die Blätter unterseits nahezu filzig aussahen. Ein gegenüber, an der andern Wand des Glashauses, angepflanzter Stock von Royal Muscardine vermischte in den oberen Regionen des Hauses sein Laub mit dem des befallenen Stockes, ohne eine Spur von Erkrankung zu zeigen.

Dieser Fall läſst erkennen, wie verschieden sich die einzelnen Sorten an demselben Standort verhalten und wie bei derselben Sorte individuelle Erkrankungen ihre Erklärung finden.

Betreffs des verschiedenartigen Verhaltens der einzelnen Reben ist auf eine Studie von Fr. Muth[1]) zu verweisen, der das Entstehen von Intumescenzen nach der Kupferung der Blätter beobachtete. Während beispielsweise Frühroter Veltliner und Muscat St. Laurent keine Auftreibungen erkennen lieſsen, waren Morillon panaché, Madeleine Angevine und blaues Ochsenauge äuſserst stark erkrankt.

In einem dem obigen, von mir beobachteten, ähnlichen Falle sah Noack[2]) die Erkrankung nachlassen, als in dem Weinhause nicht mehr so viel gespritzt wurde.

Das beschriebene Vorkommnis ist nicht mit den Erscheinungen, die an *Ampelopsis hederacea* gefunden wurden[3]), übereinstimmend. Bei dieser Pflanze sah Tomaschek an jungen Zweigen, Blattstielen und Blattnerven, besonders aber an der Auſsenseite der Nebenblätter perlenartige Bildungen. Die Perlen, die bei Lichtmangel besonders groſs waren und im Herbst vertrockneten, bildeten sich unterhalb einer Spaltöffnung, schon an ganz jungen Teilen, indem die eine Atemhöhle umgebenden Zellen in dieselbe hineinwuchsen und bei ihrer fortschreitenden Vermehrung die Epidermis auftrieben. Im Herbst und Winter zeigten sich an Stelle dieser Auswüchse wirkliche Lenticellen mit Korkbildung.

Während die bisher geschilderten Fälle ebenso wie die später noch zu erwähnenden nur Glashauskulturen betreffen, möchten wir nun über ein im Freien und zwar bei einem Grase beobachtetes Vorkommnis berichten.

Bei äuſserst starkwüchsigem Hafer von der Insel Rügen fanden sich Pflanzen, deren unterster, von der Erde gedeckter Halmknoten im Querschnitt das nebenstehende Bild (Fig. 78) aufwies. Der zentrale Teil des Halmknotens zeigt den bekannten wirren Verlauf der Gefäſsbündel (*g*) und die Anlage einer Wurzel (*w*), welche im Begriff ist, die aufgetriebene Rinde des Halmknotens zu durchbrechen. In diesem Rindenmantel bezeichnet *r* den normal gebauten Teil, während bei *r'* die subepidermalen Parenchymzellen bereits beginnen, sich radial zu strecken. Die Überverlängerung steigert sich bei *s* zum ausgesprochen schlauchförmigen Charakter und ergreift in der Nähe der durchbrechenden Wurzel alle Schichten des Rindenkörpers. Die dadurch übermäſsig gespannte, an dem Streckungsvorgang nicht aktiv beteiligte Epidermis beginnt schlieſslich an einzelnen Stellen (*c*) entzweizureiſsen. Der Halm zeigt bei *z* eine starke Fraſsbeschädigung, deren Einfluſs tief in den Halmknoten hineinreicht, in dem eine starke Gewebebräunung

---

[1]) Muth, Fr., Über die Beschädigung der Rebenblätter durch Kupferspritzmittel. Mitteil. d. Deutsch. Weinbau-Vereins 1906.

[2]) Noack, Fr., Eine Treibhauskrankheit der Weinrebe. Gartenflora 1901, S. 619.

[3]) Tomaschek, Über pathogene Emergenzen auf Ampelopsis hederacea. Österr. Bot. Zeit. 1879, S. 87.

mit zum Teil gummös ausgefüllten Gefäfsen sich bis zur Mitte des Knotens hinzieht. Es liegt nun nahe, diese Verwundung als Veranlassung zur Intumescenzbildung aufzufassen, zumal benachbarte andere, nicht angefressene Halme die Gewebewucherung nicht zeigen. Man würde sich dann den Zusammenhang in der Weise vorstellen können, dafs bei der reichlichen Wasser- und Nährstoffzufuhr durch die Wurzeln und der geringen Verdunstung des Knotens innerhalb der Bodenkrume die Entfernung eines Teils des Gewebes durch den Tierfrafs hingereicht hat, den Turgor im restierenden Gewebe bis zur Intumescenzbildung zu steigern.

Ähnliche Korrelationserscheinungen beobachtete ich bereits früher bei Einwirkung von Kupfermitteln auf die Kartoffelblätter[1]). Bei stark-

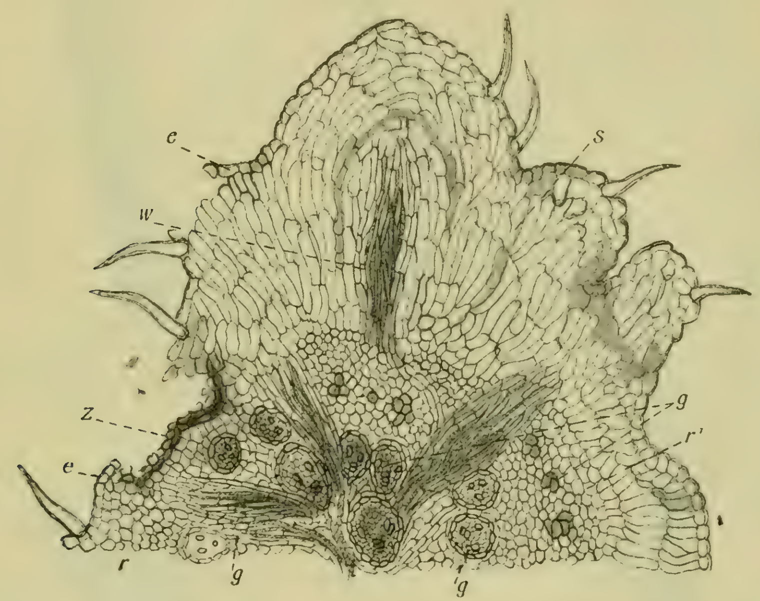


Fig. 78. Intumescenz an dem unteren Knoten einer Haferpflanze. (Orig.)

wüchsigen Sorten erwies sich eine Anzahl von Blättern durch das Bespritzungsmittel beschädigt; in der Nähe der abgestorbenen Gewebeflecke erschienen später Intumescenzen. Dafs auch andere Ursachen dergleichen Erscheinungen veranlassen können, ergibt sich aus dem Umstande, dafs Wärzchen auf Kartoffelblättern schon zu einer Zeit beobachtet worden sind, als die Kupferbehandlung noch nicht eingeführt worden war[2]). Neuere Resultate in dieser Richtung hat v. Schrenk[3]) geliefert. An Kohlpflanzen, die in einem Glashause mit Kupfer-Ammon-Carbonat bespritzt worden waren, zeigten sich nach wenigen Tagen auf der Blattunterseite blasse, allmählich fast weifs werdende Knötchen, die sich als

[1]) Sorauer, P., Einige Beobachtungen bei der Anwendung von Kupfermitteln gegen die Kartoffelkrankheit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893, S. 32.

[2]) Masters, Leaves of Potatoes with warts. Gard. Chron. 1878, I, S. 802.

[3]) Schrenk, H. v., Intumescences formed as a result of chemical stimulation. Sixteenth ann. report Missouri Bot. Gard. May 1905.

Intumescenzen ihrem anatomischen Bau nach erwiesen. Auf ungespritzten Pflanzen in demselben Glashause waren keine Auftreibungen zu finden; wohl aber entstanden solche durch Bespritzung der Blätter mit schwachen Lösungen von Kupferchlorid, Kupferacetat, -nitrat und -sulfat. v. SCHRENK betrachtet aber diese Intumescenzen nicht als Korrelationserscheinungen, sondern als Reaktionen des Blattgewebes auf den chemischen Reiz der Gifte.

Hierher rechne ich ferner den Fall, welchen HABERLANDT[1]) bei einer Liane, *Conocephalus*, beschreibt. Er schildert die Bildung von Ersatz-Hydathoden nach Vergiftung der normalen Organe an den Blättern.

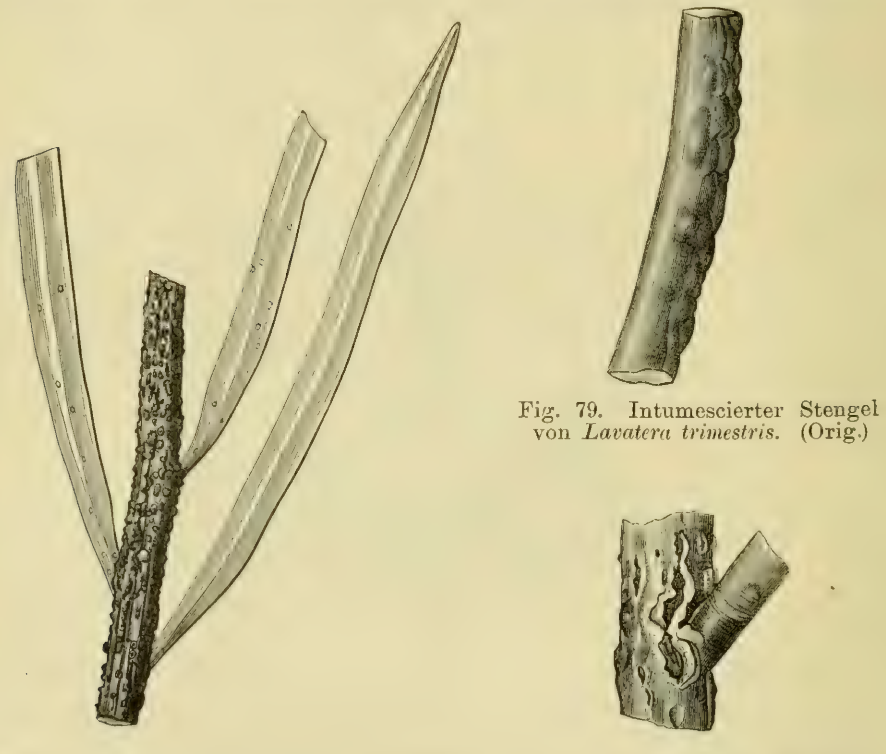


Fig. 79. Intumescierter Stengel von *Lavatera trimestris.* (Orig.)

Fig. 80. Intumescierter Zweig von *Acacia pendula.* (Orig.)

Fig. 81. Vergröfsertes Stück von Fig. 80. (Orig.)

Die ungemein reiche nächtliche Wasserausscheidung erfolgt am Grunde flacher Grübchen auf der Blattoberseite durch scharf differenzierte Epithem-Hydathoden mit Wasserspalten, die stets über den Treffpunkten von Gefäfsbündeln liegen. Nach Vergiftung dieser Organe durch Bepinseln des Blattes mit 0,5 prozentiger alkoholischer Sublimatlösung bildeten sich über den Gefäfsbündeln kleine Knötchen, an denen jeden Morgen grofse Wassertropfen auftraten. Diese Knötchen, welche also die Funktion der getöteten Hydathoden übernommen hatten, erschienen

[1]) HABERLANDT in „Festschrift für Schwendener", cit. in Naturwiss. Wochenschr. 1899, S. 287.

aus langen schlauchartigen Zellen zusammengesetzt, die in ihrem unteren, durch Querwände gefächerten Teile lückenlos aneinanderschlossen, am oberen, keulenförmig angeschwollenen Ende aber pinselartig auseinanderwichen. Sie waren durch Streckung der Leitparenchymzellen, oft auch der Palisadenzellen entstanden und hatten die Epidermis durchbrochen.

Als Beispiele wuchernder Zellstreckung an Stengeln gebe ich die Habitusbilder eines Stengelstückes von *Lavatera trimestris* Fig. 79 und von *Acacia pendula* Fig. 80, deren aufgerissene Rinde in der Vergröfserung Fig. 81 noch deutlicher zu sehen ist.

Bei *Malope grandiflora* und *Lavatera trimestris* bemerkt man Stengel und Zweige auf der Sonnenseite dicht mit Längsschwielen besetzt.



Fig. 82. Querschnitt durch einen intumescierten einjährigen Zweig von *Acacia pendula*[1]). (Orig.)

Diese Schwielen werden durch bedeutende Längs- und Querstreckung der Zellen des Rinden- und auch des Holzkörpers veranlafst. Wenn die Schwiele noch jung ist, leitet sich der Vorgang meist dadurch ein, dafs in der Höhe der primären Hartbastbündel die zwischen zwei Bündeln liegenden, chlorophyllführenden Parenchymzellen sich radial und stärker noch tangential strecken und bei dieser Vergröfserung sich bogenförmig nach aufsen wölben. Der mechanische Ring erscheint dadurch gelockert, dafs die Bastbündel weit auseinandergerückt werden und die Collenchymschichten weniger entwickelt sind. Bei stärkeren Intumescenzen erweist sich die gelockerte Stelle tiefer gehend, indem auch der Holzkörper seine prosenchymatischen Elemente und Markstrahlzellen zu einem weitmaschigen Parenchym umändert.

---

[1]) Sorauer, P., Über Intumescenzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1899, Bd. XVII. S. 458.

Über die Vorgänge, die sich bei der Bildung der moosartig zusammenstehenden Intumescenzen bei *Acacia pendula* abspielen, gibt die beistehende Figur 82 hinreichend Aufschlufs. Es bedeutet *m* Markkörper, *h* Holzring, *c* Cambium, *b* Hartbastgruppen, *e* Epidermis, *s* beginnende Streckung innerhalb der Primärrinde, *w'* die in gewundenen Parallelreihen aufsteigenden, schlauchförmig gewordenen Rindenparenchymzellen, welche bei *w* nach Durchbruch der Epidermis garbenartig auseinanderweichen.

In Fällen hochgradiger Intumescenz greift der Vorgang der Überverlängerung rückwärts in die Sekundärrinde hinein und weitet die



Fig. 83. Blume von *Cymbidium Lowi* mit drüsenartigen Intumescenzen (*a* auf den Perigonzipfeln. (Orig.)

Zellen der Phloëmstrahlen (*q*) aus. Ja es kommen sogar Fälle vor, in denen der Holzring in seinen letztgebildeten Lagen irritiert erscheint, indem die äufsersten Splintschichten aus Parenchymholz sich aufbauen. Nicht selten beobachtet man, ebenso wie bei Intumescenzen an verschiedenen Arten von *Eucalyptus*, das Vorherrschen und bisweilen ausschliefsliche Auftreten der Intumescenzen auf der dem Lichte zugewandten Zweigseite. Nach den in früher angeführten Fällen gegebenen Erklärungen erübrigt sich hier eine eingehendere Besprechung.

Am seltensten sind die Intumescenzen an Blütenorganen. Ich beobachtete einen derartigen Fall bei *Cymbidium Lowi*. Die normal

grofsen, sonst gut ausgebildeten Blüten zeigten an den Perigonblättern unterseits quittengelbe oder gelbgrüne, halbkugelige Höcker (Fig. 83 *a*); ebensolche Gebilde waren auch auf dem Fruchtknoten zu finden. In der Jugend besafsen sie eine glatte Oberfläche, später platzten sie in der Gipfelregion und vertieften sich trichterartig. An den alten Knötchen war die Vertiefung bis zur vollständigen Durchlöcherung der Perigonzipfel fortgeschritten. Die Blumen wurden dadurch unverkäuflich. In der beistehenden Figur 84 sieht man die unterhalb der Epidermis (*e*) der Unterseite eines Perigonblattes befindliche Zellschicht zu aufrechtstehenden, anfangs kuppenartig zusammengeneigten, keuligen Schläuchen ausgewachsen (*s*), die zunächst von der an der Streckung unbeteiligten braunwandigen, verquollenen Epidermis zusammengehalten werden. Nach Sprengung der Oberhaut weichen die nunmehr selbst derbwandig, tiefbraun und inhaltsarm werdenden Schläuche garbenartig

Fig. 84. Querschnitt durch eine Intumescenz des Perigonzipfels von *Cymbidium Lowi*. Obere Figur Jugendstadium, untere Figur ausgewachsener Zustand. (Orig.)
O Oberseite, *U* Unterseite, *e* Epidermis, *s* (obere Figur) Anfang der Streckung der subepidermalen Zellen, *s* (untere Figur) Auseinanderreifsen der keulig überverlängerten Zellen, *g* Gefäfsbündel, *w* fortgeschrittener Durchlöcherungszustand.

auseinander. Der Vorgang der Überverlängerung ergreift allmählich immer tiefer liegende Zellpartien und kann sich schliefslich bis direkt unter die Epidermis der Oberseite fortsetzen (*w*), worauf eine Zerreifsung dieser Epidermis und eine Durchlöcherung des Perigonzipfels zustande kommen[1].

Die Anfangsstadien der Intumescenzen wurden am Fruchtknoten studiert. Man bemerkt zunächst, dafs an einer Stelle einige Oberhautzellen eine gelbbraune, verquollene Wandung bekommen und ganz unmerklich über die Oberfläche hervortreten. Unterhalb derartiger Stellen ist das Gewebe noch vollkommen farblos, aber dichter gedrängt und

[1]) Sorauer, P., Intumescenzen an Blüten. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1901, Bd. XIX, S. 115.

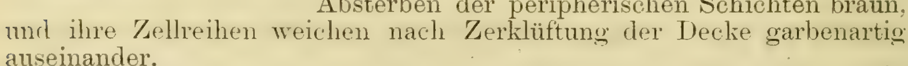
reichlicher mit Plasma und ölig aussehenden Tropfen erfüllt. Bei einigen dieser Zellen hat bereits eine radiale Streckung stattgefunden, die bis zur steilen Aufrichtung und einer Querfächerung derselben sich steigert. Der Vorgang greift allmählich auf die Umgebung, namentlich auf die dicht unterhalb der Epidermis liegenden Zellen über. Die sich überverlängernde Schicht wird auffällig dickwandig und färbt sich kaffeebraun, während die zusammensinkende, verquellende Epidermis eine hell gelbbraune Kappe bildet. Die Verfärbung ist von einem Verkorkungsprozesse begleitet, und diesem ist es wahrscheinlich zuzuschreiben, dafs an den noch nicht vollständig entwickelten und daher noch in Streckung begriffenen Organen die spröde gewordenen Zellpartien zerreifsen und abbröckeln. Dadurch wird die trichterförmige Vertiefung am Gipfel der Intumescenz eingeleitet.



Fig. 85. Erbsenhülsen mit drüsig-aufgetriebener Aufsenfläche. (Orig.)

Von den auf Früchten auftretenden Intumescenzen sind mir am häufigsten solche auf unreifen Hülsen von Bohnen und Erbsen zugegangen und zwar mehrfach mit der Bemerkung, dafs reiche Pilzrasen sich auf den Hülsen angesiedelt hätten. Die Früchte erscheinen, namentlich wenn sie in der Nähe der Erdoberfläche sich befinden, stark mit Warzen bedeckt und erwecken den Verdacht starker Verpilzung, wie beistehende Erbsenhülsen (Fig. 85) erkennen lassen.

Auf Querschnitten gewahrt man an einzelnen, dem blofsen Auge noch glatt erscheinenden Stellen, dafs einige Epidermiszellen sich bereits zu strecken beginnen. Dieselben liegen oftmals unmittelbar neben einer Spaltöffnung, ohne dafs aber sonst dieser Apparat bei der Entstehung der Intumescenzen mitwirkte. Allmählich beteiligen sich auch die darunterliegenden Parenchymzellen an dem Streckungsvorgang. Die gestreckten Elemente fächern sich durch Querwände, und es entstehen nun feste, aus anfangs oft säulenförmig aneinandergereihten Zellreihen gebildete Warzen, die über 1 mm Höhe erreichen. Sie werden später durch Absterben der peripherischen Schichten braun, und ihre Zellreihen weichen nach Zerklüftung der Decke garbenartig auseinander.



Das Stadium der höchsten Entwicklung stellt sich in Fig. 86 dar. Es bezeichnet *fr* den noch normalen Teil der Fruchtwand; *e* Epidermis, *p* sind die z. T. sich kreuzenden Lagen dickwandiger Elemente der inneren pergamentartigen Fruchthaut. Im Zentrum der Wucherung (*w*) erkennt man die langgestreckten, säulenartig gestellten Parenchymzellen, die nach aufsen hin unregelmäfsig fächerartig auseinandergehen. Die in der Zeichnung dunkel gehaltenen Randzonen (*z*, *z*) deuten das im Absterben begriffene Gewebe an. Die Wandungen dieser zusammengesunkenen, zu sich kräuselnden Zipfeln oftmals verschrumpfenden Parenchymgruppen erscheinen gelb bis braun und verleihen den Warzen eine erdartige Färbung. Durch die vielfache

Zerklüftung der Intumescenzen, die manchmal so dicht stehen, dafs nur wenige normale Epidermiszellen sie trennen, erhält die ganze Fruchtwand stellenweise eine moosartige Oberfläche.

Auch die pergamentartige Innenwand der Hülsen kann intumescieren, und zwar ist dies sogar häufiger der Fall als bei der Aufsenwand. Bei manchen Erbsensorten mit sehr markigen Hülsen findet man fast alljährlich auf der festen, glatten Innenseite weifse, wie Schimmelrasen aussehende Gewebefilze. In einem Falle fand ich im intumescierten Gewebe zahlreiche Oosporen, die vermutlich zu *Peronospora Viciae* gehört haben.

Aus den bisher angeführten Beispielen ergibt sich, dafs auf allen oberirdischen Organen der Pflanze die Intumescenzen auftreten können. Sie bilden nur ein Glied in einer Kette von Erscheinungen, die z. T. gemeinsam miteinander auftreten, z. T. sogar ineinander übergehen. Die einfachsten Störungen haben wir als „Aurigo" angesprochen; sie charakterisierten sich durch Verarmung einzelner Gewebegruppen im Blattinnern unter Zerstörung des Chlorophyllapparates meist unter Zurücklassung von Carotinkörpern. Während des Verschwindens des Chlorophylls bemerkt man ein Bestreben der Zellen sich auszudehnen; sie füllen die Intercellularen aus, wobei sie auf die Umgebung einen Druck ausüben, und sterben schliefslich unter Verkorkung der Zellwandungen. Man kann derartige Nester überverlängerter Zellen auch als „innere Intumescenzen" bezeichnen. Bei den eigentlichen Intumescenzen beginnen die Vorgänge der Verarmung und Zellstreckung in den peripherischen Schichten des Organs, und zwar meist in den subepidermalen Zelllagen, seltener in der Epidermis selbst. Der Vorgang der Überverlängerung ist hier unbehinderter, und häufig schreitet er in die tiefer liegenden Gewebeschichten fort, so dafs wir Fälle von Intumescenzen haben, die an der Unterseite des Blattes beginnen und allmählich das gesamte Mesophyll bis zur oberen Epidermis umfassen. Wenn sich in dem intumescierenden Gewebe Korkbildung einstellt, sehen wir schwielige oder grubige Korkherde auftreten, welche bis zur vollständigen Durchlöcherung eines Blattes führen können.



Fig. 86. Querschnitt durch die intumescierte Aufsenseite einer Erbsenhülse. (Orig.)

Am Achsenkörper äufsert sich die Intumescenz in Hypertrophie des Rindenparenchyms, das in abgeschlossenen Einzelherden in Form von Warzen mit glatter oder mannigfach zerschlitzter Oberfläche aus der Rinde hervorbricht. Bleiben die Vorgänge der Überverlängerung nicht auf kleine, isolierte Einzelherde beschränkt, sondern ergreifen das parenchymatische Gewebe in grofsen, zusammenhängenden Flächen, so reifsen die Organe auf und stellen dann jene Zustände dar, die wir bei der „Wassersucht" kennen gelernt haben.

Obgleich somit die genannten Erscheinungen innerlich zusammengehören, haben wir sie doch getrennt behandelt, weil zu ihrem Zustandekommen bald die eine, bald die andere Ursache vorwiegend sich geltend macht. Für die Intumescenzen erweist sich das Vorhandensein einer mit Feuchtigkeit reichlich versehenen Atmosphäre als ausschlaggebend, wie sich aus den Beobachtungen zahlreicher Forscher ergibt.

Indem ich betreffs meiner eignen und anderweitigen älteren Untersuchungen auf die Literaturangaben in KÜSTER's pathologischer Anatomie[1]) verweise, führe ich hier nur einige besonders eingehende Arbeiten an. Ein Teil derselben beschäftigt sich mit der Frage des Lichteinflusses bei dem Zustandekommen einer Intumescenz. In dieser Beziehung erklärt ATKINSON[2]), daſs eine Erhöhung der Turgescenz in den Blättern durch die herabgedrückte Transpiration zustande kommen wird, wenn die Glashäuser schwach beleuchtet sind. Tatsächlich fand ich in der Mehrzahl der Fälle Intumescenzen zur Herbst- und Winterzeit, wenn die Glashäuser nach der Überführung der Pflanzen aus dem Freien bei dem kühlen, trüben Wetter geheizt werden muſsten. TROTTER[3]) spricht direkt aus, daſs Halbdunkel die Bildung von Intumescenzen begünstige, ja STEINER[4]) sah solche sogar im Dunkeln entstehen, aber nur in den ersten Tagen der Verdunkelung, so daſs man eine Nachwirkung der vorangegangenen Lichtarbeit vermuten darf. Dieser Autor beobachtete auch bei *Ruellia* und *Aphelandra*, daſs die Pflanzen bei gleicher Luftfeuchtigkeit nach einigen Wochen aufhörten, Intumescenzen zu bilden, sich also der hochgradig feuchten Atmosphäre angepaſst hatten. Daſs der schroffe Übergang von trockner zu feuchter Luft wirklich ausschlaggebend ist, geht daraus hervor, daſs die genannten Pflanzen wieder anfingen, Intumescenzen zu bilden, nachdem sie drei Wochen hindurch in trockner Luft gehalten und dann in die feuchte wieder zurückgebracht wurden.

Unter Wasser sah STEINER keine Intumescenzen entstehen, wohl aber konnte KÜSTER[5]) solche an Pappelblättern wahrnehmen, die er auf Wasser oder Nährlösungen schwimmen lieſs, und zwar im Dunkeln wie im Licht. Nur bei allzu intensiver Beleuchtung unterblieb dieser Vorgang, wahrscheinlich infolge der geförderten Transpiration. Im Gegensatz hierzu stehen die Angaben von VIALA und PACOTTET[6]), welche bei der Beschreibung von Intumescenzen auf Weinblättern in Glashäusern angeben, sie hätten durch direkte Versuche festgestellt, daſs die Intumescenzen durch Lichtüberschuſs in feuchter Atmosphäre erzeugt werden. Nur unmittelbar unter dem Glase sind solche entstanden. Dieselbe Beobachtung wird aus dem Missouri Botanical Garden gemeldet.

Die eingehendsten experimentellen Studien finden wir in den Ar-

---

[1]) KÜSTER, ERNST, Pathologische Anatomie. Jena 1903. Gustav Fischer.

[2]) ATKINSON, G. F., Oedema of the tomato. Bull. Cornell Agric. Exp. Station 1893, No. 53.

[3]) TROTTER, A., Intumescenze fogliari di Ipomea Batatas. Annali di Botanica 1904, No. 1.

[4]) STEINER, RUDOLF, Über Intumescenzen bei Ruellia formosa und Aphelandra Porteana. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1905, Bd. XXIII, S. 105.

[5]) KÜSTER, E., Über experimentell erzeugte Intumescenzen. Ber. der Deutsch. Bot. Ges. 1903, Bd. XXI, S. 452.

[6]) VIALA et PACOTTET, Sur les verrues des feuilles de la vigne. Compt. rend. Acad. d. sciences 1904, No. 138.



Lieferung 12. (Erster Band, Bog. 29—33.) Preis: 3 Mark.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage
in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau,
Privatdozent an der Universität Berlin

und

Dr. L. Reh,
Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben
von

Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



Mit zahlreichen Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1907.

Erscheint in etwa 20 Lieferungen à 3 Mark.



beiten von Mifs Dale[1]), welche bei *Hibiscus vitifolius* beobachtete, dafs die gelben und roten Strahlen besonders wirksam zur Hervorrufung von Intumescenzen sich erweisen. Betreffs der Wirkung der plötzlichen Änderungen in den Vegetationsbedingungen sind ihre Versuche mit Kartoffeln sehr lehrreich. Die Pflanzen wurden im Kalthause herangezogen und dann im Warmhause bei ungefähr 21° C. unter einer hell beleuchteten Glasglocke aufgestellt. Bereits nach 48 Stunden waren der Stengel und fast alle Blätter auf ihrer Oberseite mit einer Unmenge von blafsgrünen Erhabenheiten bedeckt. Wurden die Pflanzen darauf in trockne Luft gebracht, schrumpften die Bläschen zu schwarzen Flecken zusammen, oder es entstanden Durchlöcherungen der Blätter. Fielen bei längerem Aufenthalt unter der feuchten Glocke einzelne Blätter ab, so entstand an der Blattnarbe ein grofses Polster von Intumescenzen, das Ähnlichkeit mit Wundkallus hatte. Ältere Pflanzen entwickelten unter gleichen Bedingungen nicht so schnell und auch nicht so zahlreiche, ganz alte Blätter überhaupt keine Intumescenzen. Blattstücke, auf feuchte Baumwolle gelegt, waren nach etwa zwei Tagen dicht mit Auftreibungen bedeckt. Schnell gewachsene Pflanzen reagierten am leichtesten auf den Reiz des plötzlichen Feuchtigkeitswechsels.

Die angeführten Beobachtungen stützen unsere Anschauungen, dafs die Intumescenzbildung die Reaktion des Organs auf einen Stofs ist, den dasselbe durch eine plötzliche Erhöhung der Luftfeuchtigkeit erhalten hat. Nur das jugendliche Organ ist reaktionsfähig. Wenn ältere Blätter, wie wir dies z. B. bei *Solanum Warscewiczii* zu beobachten Gelegenheit hatten, nach dem Transport aus dem Freien in ein feuchtes Glashaus noch mit Intumescenzbildung antworten, so sind dies Ausnahmefälle von besonderer Erregbarkeit der Spezies. Solche Fälle kommen bei verschiedenen Pflanzengattungen vor.

Abweichend von andern Forschern erblicken wir in der Intumescenzbildung stets die Folge einer Hemmung in der Assimilationsenergie. Dieselbe kann sowohl durch Lichtmangel als durch Lichtüberschufs herbeigeführt werden; sie äufsert sich aber stets durch geringe Neubildung fester Reservestoffe, meist sogar durch Lösung der vorhandenen geformten Inhaltskörper der Zellen. Die Abwegigkeit in der Assimilationsarbeit kann sehr gut, wie Dale annimmt, mit einer Steigerung des Oxalsäuregehaltes in den Zellen zusammenhängen und in der abnormen Turgorsteigerung zum Ausdruck kommen. Ebenso kann der Wurzeldruck dabei ausgeschaltet sein, wie die Experimente mit einzelnen Blättern und Blattstücken beweisen.

Die von mir behauptete Unzulänglichkeit der Assimilationsarbeit, die sich in der Intumescenzenbildung kundgibt, kann selbstverständlich durch verschiedene Kombination der Vegetationsfaktoren eingeleitet werden. In der Mehrzahl der von mir beobachteten Fälle glaube ich die Veranlassung in einer Steigerung von Wärme und Feuchtigkeit während einer Periode der Pflanze zu erblicken, in welcher sie in natürlichem Ruhezustande sich befindet oder durch äufsere Umstände zu einer Assimilationsruhe gezwungen worden ist. Über Verhütungsmafsregeln gibt der folgende Abschnitt Aufschlufs.

[1]) Dale, E., Investigations on the abnormal outgrowths or intumescences on Hibiscus vitifolius. Phil. Trans. R. Soc. of London. ser. B. 1901, vol. 194. — Dale, E., Further experiments and histological investigations on intumescences, with some observations on nuclear division in pathological tissues. Phil. Trans. R. Soc. of London 1906, ser. B. vol. 198.

Die Knötchenkrankheit der Gummibäume.

Die Blätter zeigen auf der Unterseite zahlreiche, sehr kleine, drüsige oder knötchenartige, halbkugelige Auftreibungen. Dieselben werden durch schlauchförmige Streckung (Fig. 87 *int*) von Zellen des Blattfleisches hervorgerufen, welche im normalen Zustande Gestalt und Gefüge wie auf der mit *m* bezeichneten Seite des Bildes besitzen, also durch mehr oder weniger grofse Intercellularräume (*i*) gelockert sind. Das krankhaft überverlängerte Gewebe (*int*) der Blattunterseite nähert sich somit dem normalen, aus Palisadenparenchym (*p*) gebildeten Blattfleisch der Oberseite, die mit einer dreifachen Epidermis (*e*) versehen

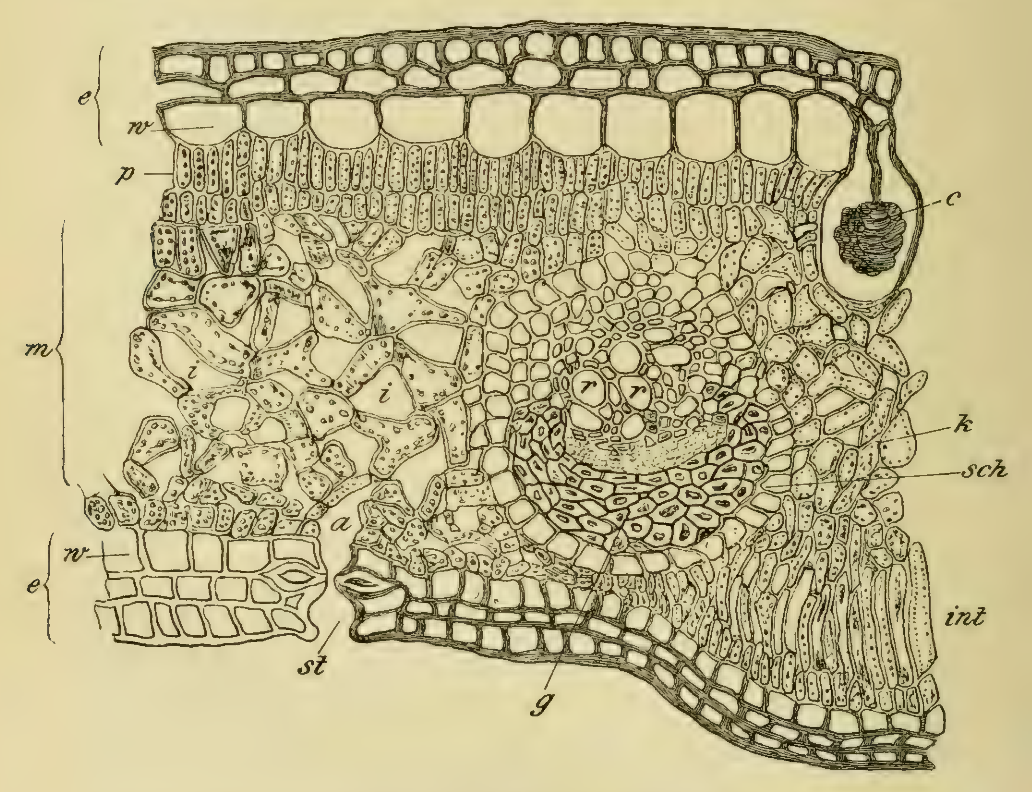


Fig. 87. Querschnitt durch ein Blattknötchen des Gummibaumes. (Orig.)

ist. Von diesen drei Schichten ist die äufserste kleinzellig und mit einer sehr starken Cuticularglasur versehen. Die innerste Zelllage der Oberhaut zeigt dünnwandigere, verhältnismäfsig sehr weite Zellen (*w*), welche als wasserspeichernde Schutzschicht angesprochen wird. Einzelne sackartig ausgeweitete Zellen dieser Schicht bergen jene eigenartigen traubenförmigen mit Kalk inkrustierten Zellstoffkörper (*c*), welche als Cystolithen bekannt sind.

Der feste Abschlufs der Blattoberseite mufs ungünstig für den Durchlüftungsprozefs des Blattes sich erweisen; aber dafür besitzt die Blattunterseite die förderlichen Einrichtungen. Das Schwammparenchym zeigt grofse Intercellularen (*i*), deren Binnenluft durch die Atemhöhle (*a*)

und den Spaltöffnungskanal (*st*) nach aufsen entweichen und frisch eintretender Aufsenluft Platz machen kann. Die Wasserzuleitung erfolgt durch die Blattnerven, von denen einer bei *g* durchschnitten zu sehen ist und bei *r* die grofsen Gefäfsröhren zeigt. Der Weg für die im Blatte erzeugten, nach dem Stamme abfliefsenden organisierten Baustoffe ist in *sch*, der Gefäfsbündelscheide, angedeutet; *k* bezeichnet die Stelle, bei der die Zellen durch übermäfsig gesteigerten Turgor sich zu vergröfsern beginnen und damit die Intercellularräume ausfüllen, also zunächst „innere Intumescenzen" bilden. Der überreiche Wassergehalt kommt noch mehr in dem peripherischen Gewebe zum Ausdruck, da dasselbe, nur unter dem Druck der Epidermis stehend, sich schlauchförmig verlängern und samt der Oberhaut emporwölben kann (*int*).

Tatsächlich ist also die Knötchenkrankheit des Gummibaumes eine regelrechte Intumescenz, die in den vorigen Abschnitt gehört. Wir haben die Krankheitserscheinung aber deshalb abgegliedert, weil sie bei der Anzucht von Ficus als Marktpflanze eine wesentliche praktische Bedeutung erlangt.

Die Krankheit tritt seltener bei den gärtnerischen Kulturen als bei denen der Liebhaber auf und führt zur vorzeitigen Entblätterung. Sie kommt, wie ich experimentell nachweisen konnte, dadurch zustande, dafs die Pflanzen zur Zeit, in der sie ihren Trieb abgeschlossen haben, und ihre Transpirationsgröfse zurückgeht, durch übermäfsige Wärme und reichliche Bodenfeuchtigkeit zu erneuter Tätigkeit gereizt werden. Ich erzielte die Intumescenzen dadurch, dafs ich einen Gummibaum, der im Sommer kräftig getrieben hatte und dann in normale Ruhe übergegangen war, im Winter nicht kühler und trockner hielt, sondern in einem stark geheizten Zimmer am Fenster aufstellte und reichlich begofs. Die älteren Blätter fielen darauf ab, während auf den jüngeren sich Intumescenzen einstellten. Nachdem der Baum hell, aber kühler gestellt wurde, blieben die intumescierten Blätter bis zum nächsten Sommer am Stamme, und derselbe trieb wieder gesund, wenn auch schwächlich, weiter.

Diese Erkrankungsart und ihre Heilung dürften als Norm für alle derartigen Fälle anzusehen sein. Die Intumescenzen sind also hochbedeutsame Symptome einer abnormen Turgescenz bei allen Kulturen. Sobald sie sich zeigen, ist es Zeit, die Pflanzen möglichst hell, aber kühler zu stellen und mit dem Bewässern nachzulassen.

Die Hautkrankheit der Hyacinthen.

Unbeachtet, obgleich sehr häufig ist die Erscheinung, die in Fig. 88 sich darstellt. Anstatt dafs wie bei gesunden Zwiebeln die äufseren Schuppen glatt sind und, die Zwiebel fest umschliefsend, bis an den Zwiebelhals hinauf zu reichen pflegen, erscheinen bei der Hautkrankheit die äufsersten Schuppen kurz und mit vertrocknenden Rändern zurücksterbend. Nicht selten sind derartige Hyacinthen geplatzt und besonders in der Nähe der Rifsstelle mit trocknen Blattern dicht besetzt. An den noch fleischigen äufseren Zwiebelteilen sind Ansiedlungen des blaugrünen Pinselschimmels (*Penicillium glaucum*) ein häufiges Vorkommnis.

Die einzeln stehenden oder miteinander verschmolzenen Blattern sind oberseits abgeflacht und nicht selten spaltenförmig eingerissen. Auch in dem gefärbten Teile normal abgetrockneter Zwiebelschuppen sieht man oft reichlich solche geschwürartig aufgetriebenen, gelben

Stellen, welche fast immer Mycel erkennen lassen; dasselbe erweist sich bei der Kultur als zu *Penicillium* gehörig. Das Gewebe solcher Stellen unterscheidet sich von dem gesunden Teile der Schuppe durch die gelben, ungemein spröden, in schartkantige Stücke zerspringenden Wandungen und durch das weite Lumen der Zellen, während diejenigen des gesunden Teiles mit ihren etwas gequollenen, dicken, farblosen Wandungen bis zum Verschwinden des Lumens zusammengesunken sind. Die Stärke ist nicht nur in dem gelbwandigen, bisweilen quer die Schuppe durchsetzenden, verkorkten und durch nachträglich entstandene Korkzellen aufgetriebenen Gewebe, sondern auch in der farblosen Umgebung bis auf Spuren verschwunden.

Nach Entfernung der erkrankten trocknen Zwiebelschalen bemerkt man auf den noch vollständig weifsen, saftigen, bis an den Zwiebelhals normal hinaufreichenden Schuppen ein von oben her beginnendes Abtrocknen derselben. Hier verliert das Gewebe den natürlichen Glanz und den Turgor, so dafs allmählich der Schuppenteil durch Zusammensinken der Zellen zwischen den nunmehr deutlicher hervortretenden Gefäfsbündeln ein faltiges Aussehen bekommt. Aufserdem pflegt der Rand gelblich zu werden. Dabei erscheinen an tieferen Stellen des fleischigen, weifsen, vor Straffheit glänzenden Schuppenteils kleine, längliche, glasig durchscheinende, gelbliche, schon schwach über die Oberfläche hervortretende Flecke. Dieselben vergröfsern sich in wenigen Tagen und werden durch einen lehmgelben, saftigen Rand alsbald mehr in die Augen springend. Dann aber schreitet die Veränderung langsamer fort, indem die Auftreibung nur allmählich deutlicher hervortritt und ihre Mitte weifslich, trockenhäutig und längsfaltig wird. Mit zunehmendem Alter sinkt die Mitte ein, und schliefslich erscheint sie durchlocht. Bei Behandlung mit Schwefelsäure sieht man die obere, unmittelbar unter der Cuticula liegende Lamelle (Fig. 89 *l*) der etwas mehr verdickten Epidermiszellen sehr stark aufquellen, und dann erkennt man darin bisweilen Mycelfäden.

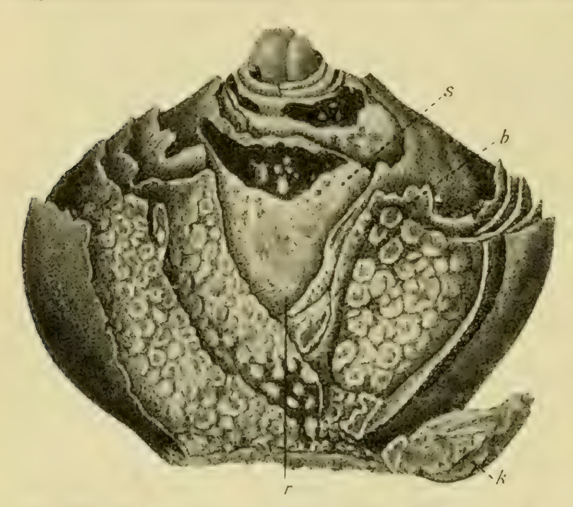


Fig. 88. Hyacinthenzwiebel mit den Blattern der Hautkrankheit behaftet. (Orig.)
s Schuppe, welche glanzlos wird. *b* Blatterbildung, *r* abtrocknender Rand, *k* junge Zwiebel.

Der Querschnitt durch die erkrankte Schuppe (Fig. 89) zeigt bei *b* eine ältere, links davon eine jüngere Blatter. Man erkennt, dafs in der verfärbten Epidermis die Wandungen verquollen sind, und dieser Quellungs- und Verkorkungsprozefs (*rk*) sich in der älteren Blatter bereits durch die ganze Dicke der Schuppe fortgesetzt hat. Dort ist das fleischige, stärkelose Parenchym, das anfangs (*p*) noch farblos und in normaler Lagerung sich zeigte, schon strangweise zusammengesunken und bildet erhärtende Stellen mit unregelmäfsigen Lücken (*z*).

In den Zellen unmittelbar unter der aufgetriebenen Epidermis sieht man keinen Zellkern mehr, während die nächst inneren denselben noch besitzen, aber braungefärbt zeigen. In der Epidermis entstehen Korkzellen, während das darunterliegende Parenchym mit der Trommerschen Probe Zucker erkennen läfst. In diesem zuckerreichen Gewebe schreitet die Korkbildung fort, und da die verkorkten Zellen nicht zusammenfallen, erheben sie sich allmählich mehr und mehr über das andere Gewebe der Zwiebelschuppe, dessen Wandungen die Cellulosereaktion behalten und zusammensinken.

Die Analysen ergaben an Trockensubstanz

	gesunde Zwiebeln		kranke Zwiebeln	
in den äufseren Schuppen .	34,6 %	51,82 %	36,7 %	55,43 %
in den inneren Schuppen . .	22,4 %	33,50 %	32,6 %	40,16 %.

Demnach sind die kranken Zwiebeln reicher an Trockensubstanz, was nicht auffallen kann, da bei ihnen der Abtrocknungsprozefs der äufseren Schuppen viel weiter fortgeschritten ist.

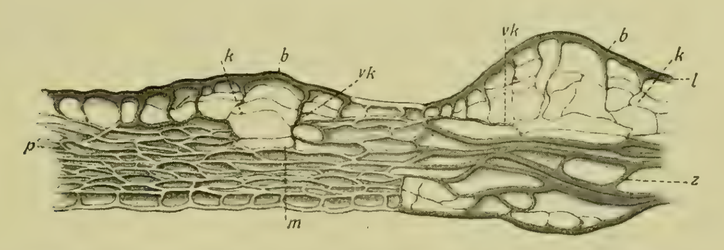


Fig. 89. Querschnitt durch eine hautkranke Zwiebelschuppe der Hyacinthe. (Orig.)

Es enthielten nach Entfernung aller braungefärbten Schuppen an Zucker (als Traubenzucker bestimmt und auf Trockensubstanz berechnet)

	gesunde Zwiebeln	kranke Zwiebeln
in den äufseren Schuppen . .	0,71 %	0,82 %,
in den inneren Schuppen . .	1,23 %	1,66 %.

Das heifst, es sind die Zwiebeln in den inneren jüngeren Schuppen zuckerreicher als in den älteren, und bei der Krankheit sind innere und äufsere Schuppen zuckerreicher als im gesunden Zustande.

Wir erhalten somit dieselben Resultate, welche bei der Ringelkrankheit gefunden worden sind. Tatsächlich kommen beide Krankheiten häufig gemeinsam vor, und diese Blattern, die als Intumescenzen zu bezeichnen sind, erweisen sich als Symptom für eine geringere Reife der Zwiebeln, das grade bei sehr üppigen, geplatzten Exemplaren zu finden ist. Dafs sich das Penicillium auf solchem Boden schnell und häufig ansiedelt, ist selbstverständlich. Die Hautkrankheit verdient daher als Symptom eine grofse Beachtung und weist darauf hin, dafs die Zwiebeln in einem sandigen, nicht zu humusreichen und zu feuchten Boden kultiviert werden sollen.

Das Glasigwerden der Kakteen.

An verschiedenen Kakteen beobachtet und an *Cereus nycticalus* Lk. näher von mir untersucht wurde ein Krankheitszustand, der sich durch das Auftreten glasiger, später sich schwärzender Stellen charakterisiert. Bei den weicheren Cereen führt eine gröfsere Ausdehnung dieser Gewebeveränderung zum Absterben des darüberstehenden Stammteils. Der Tod erfolgt entweder durch Zusammentrocknen des geschwärzten, in seiner Struktur verbleibenden Gewebes oder (bei Mitwirkung von Bakterien) durch Eintritt eines breiartigen Zustandes, wobei die Oberhaut durch geringen Fingerdruck sich ablösen läfst. Bleibt der Krankheitsherd auf eine Seite des Stengels beschränkt, vermag sich derselbe unter Zurücklassung tiefer schüsselartiger Wundstellen auszuheilen.

Das Habitusbild auf Seite 456 stellt ein Stammstück von *Cereus nycticalus* dar, das am oberen Ende geschwärzt und breiartig erweicht ist. Von dem erweichten Teile ist durch schiefen Druck des Fingers ein Oberhautfetzen abgelöst worden. An der Basis des Stammstückes befinden sich ausgeheilte Wundstellen, die bis auf den Holzring des Achsenzylinders reichen.

Bei Durchmusterung sehr stark erkrankter Exemplare bemerkt man, dafs eine Anzahl glasiger Stellen schwielig über die Oberfläche hervortritt. Der Querschnitt zeigt, dafs zwar die äufsere Rindenpartie des Stammteils noch dunkelgrün und normal gebaut sich erweist, aber die darunterliegenden Rindenschichten chlorophylllos und stärkearm sind und stark vergröfserte Zellen besitzen, welche die Ursache der schwieligen Auftreibung sind. Im Gegensatz zu den gewöhnlichen Intumescenzen, bei welchen die schwielige, oftmals berstende Gewebewucherung durch Streckung der subepidermalen Lagen eingeleitet wird, habe ich die abnorme Vergröfserung der tiefer im Gewebe eingesenkt liegenden Zellnester als „innere Intumescenzen“ bezeichnet. Damit reihen sich diese Vorkommnisse an die Erscheinungen der vorher beschriebenen Gelbsprenklichkeit an. Auch hier bestehen die Anfangsstadien der Erkrankung in dem Auftreten inhaltsarmer, sich bräunender und verkorkender Zellnester mitten im grünen Gewebe; nur leiden bei den Kakteen die Stengel, während bei Pandanus die Umänderungen in den Blättern sich abspielen.

Die Nester der meist nach einer Richtung hin sich vergröfsernden Zellen fallen zusammen, während nunmehr in der Kaktusrinde die hellwandig bleibenden Zellen in der Umgebung dieser Nester sich schlauchartig zu strecken pflegen und sternartige Anordnungen bilden. Von diesen inneren, erkrankten Gewebeherden greift der Vorgang der Verarmung und Überverlängerung des Rindenparenchyms rückwärts nach dem Holzring und seitlich in der Richtung des Rindenumfangs beständig weiter um sich, bis ein gröfserer Teil des Stengels gebräunt oder geschwärzt ist. Schliefslich werden auch die äufsersten Zelllagen von der Verfärbung ergriffen, ohne dafs dabei eine Überverlängerung noch einzutreten pflegt, und nunmehr erscheint der Stengel auch dem blofsen Auge tief tintenschwarz.

Der Schwärzungsvorgang tritt schon an den glasig erscheinenden Krankheitsanfängen fast augenblicklich nach Ausführung des Schnittes ein, so dafs man anfangs an das Vorhandensein übergrofser Mengen von Gerbsäure glaubt, die mit dem Eisen des Messers sich verbinden.

Da aber die Verfärbung auch bei Verletzungen durch ein Hornmesser oder einen Platinspatel sich einstellt, so mufs man eine empfindliche, durch den Sauerstoff der Luft sich schnell verfärbende Substanz voraussetzen. Aber Guajaktinktur allein oder mit Wasserstoffsuperoxyd geben keine Blaufärbung. Auf Lackmuspapier zeigt das gesamte Rindenparenchym scharf saure Reaktion.

Als Faktor, der die Überverlängerung der Zellen einleiten dürfte, ist eine Glykoseanhäufung anzusehen; denn bei Behandlung der Schnitte nach der TROMMER'schen Zuckerprobe erfolgt in dem gesamten glasigen Gewebe äufsert reicher Niederschlag von Kupferoxydul, das in dem Mafse spärlicher wird, als man sich dem gesunden Gewebe nähert. Umgekehrt verhält sich der Stärkegehalt, der in dem schwersterkrankten Gewebe gleich Null ist, während die gesündere Umgebung reichliche Stärkemengen zeigt. Auffällig ist das Verhalten des oxalsauren Kalkes, der nebst dem Inhalt der Schleimgänge ungemein reichlich auftritt. Im gesunden noch grünen Rindengewebe zeigt er sich vorwiegend in Form von Raphiden, während er in dem erkrankten Teile meist als kurze Oktaederform und bisweilen in langen Säulen zu finden ist. Wahrscheinlich sind verschiedene Mengen von Kristallisationswasser ausschlaggebend.

Über den Heilungsprozefs belehrt uns die obere Figur der umstehenden Abbildung 90; sie stellt ein Stück des Querschnitts durch einen Zweig mit vertiefter Wundstelle dar, wie solche an der Basis des Habitusbildes zu sehen ist. *M* ist der Markkörper mit seinen Schleimzellen, *H* das normale alte Holz, *R* der Rindenkörper. An der Wundstelle erkennt man, dafs der Gewebeschwund ursprünglich die gesamte Rinde (*R*) erfafst hatte. Der Holzzylinder (*H*) war aber nicht angegriffen worden. Die Wundränder (*wr*) des Rindenkörpers waren abgestorben und durch eine Tafelkorklage (*t*) vom gesunden, seitwärts belegenen Rindenparenchym getrennt. In dem stehengebliebenen Rindenteil war neues Dickenwachstum eingetreten, das sich durch die Anlage neuer Hartbastbündel (*b'*) kenntlich machte. Die alten Hartbaststränge in der Wundnähe waren erkrankt und erwiesen sich durch einen Korkmantel eingekapselt (*b*).

Die ganze Gewebezone *b'* - *b'* ist nachträglich neu gebildet worden, und zwar an den Teilen, welche vom Rindenkörper bedeckt geblieben waren, durch eine normale Cambialtätigkeit, dagegen an der Wundstelle selbst durch eine Vermehrung des jüngsten Splintes. Denn in der Wunde war das Cambium zerstört, und daraufhin ist die letztgebildete noch cambiale Holzlage in erneute Zellvermehrung eingetreten und hat callusartiges Gewebe gebildet. Die zur Zeit der Neubelebung der jüngsten Splintschicht bereits derbwandig gewordenen Gefäfsanlagen haben aber an der Vermehrung nicht teilgenommen, sondern sind passiv von dem neugebildeten Callus nach aufsen geschoben worden. Man erkennt dies daran, dafs diese Gefäfsanlagen (*g'*), die im Querschnitt den Gefäfsen (*g*) im normalen Holzkörper (*H*) gleichen, sich nun isoliert in dem callösen Gewebe vorfinden.

Genauer kenntlich wird der Heilungsvorgang in der untenstehenden anatomischen Figur, die ein Stück Gewebe aus der Lücke des oberen Querschnitts darstellt. *H* bedeutet wiederum den alten Holzkörper mit einigen Gefäfsen (*g*). Dort, wo die dickwandig gezeichneten Elemente aufhören, war die tiefste Stelle der Wundfläche. Es verblieben auf derselben die jungen Elemente des Splintes, welche nach Aufhören der

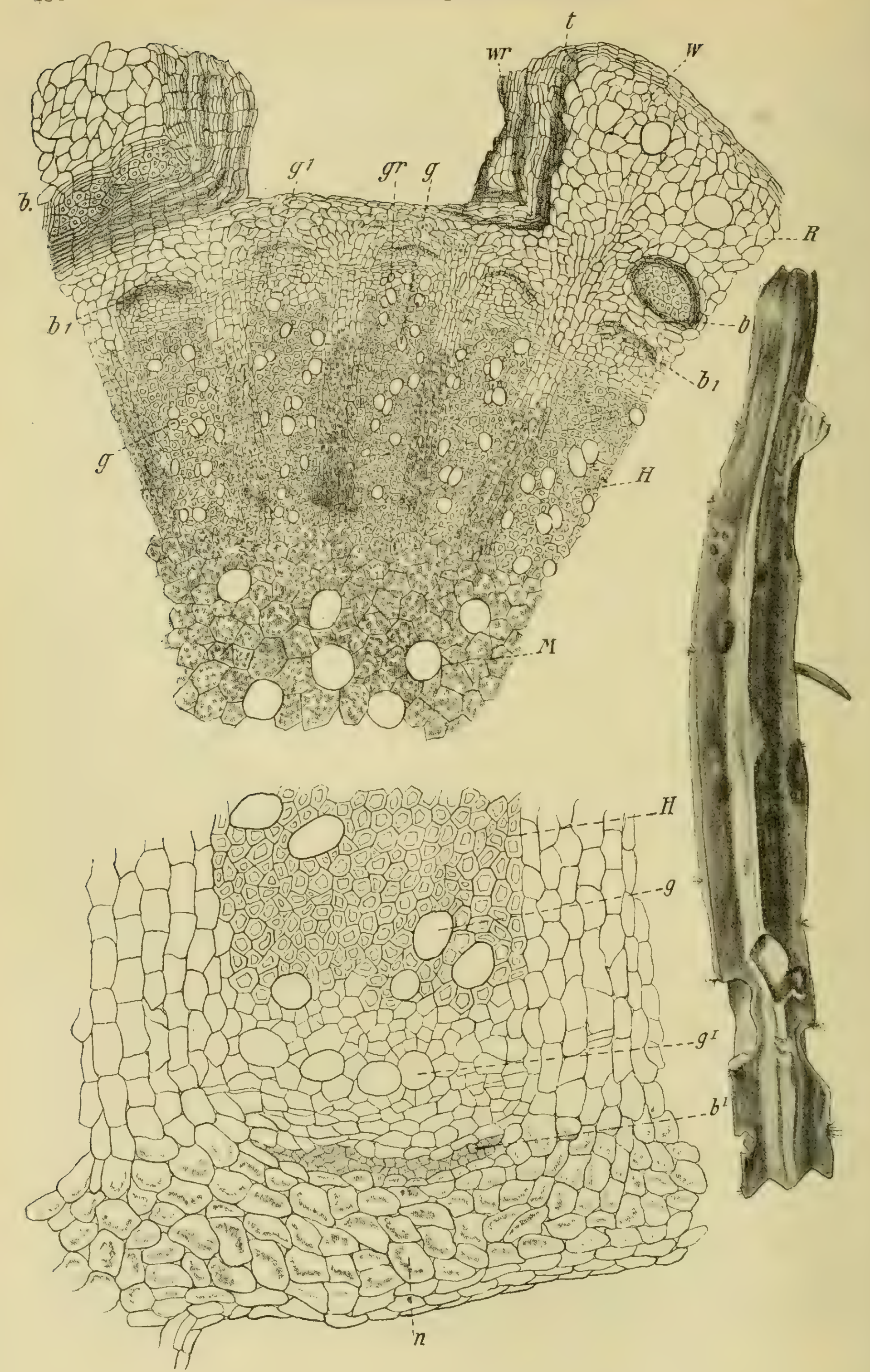

t
wr
W
g1
gr
g
b.
R
b1
b
b1
g
H
M
H
g
g1
b1
n

Fig. 90. Das Habitusbild auf der rechten Seite ist ein verkleinertes Stammstück von *Cereus nycticalus*, das, an der Spitze geschwärzt und erweicht, einen durch Fingerdruck abgelösten Rindenfetzen zeigt; am unteren Teil befinden sich verheilte, tief schüsselartige Wunden. Das obenstehende anatomische Bild gibt den Querschnitt einer schüsselartigen, verheilenden Wunde wieder. Die untere anatomische Zeichnung stellt die Neubildungen und Gewebedifferenzierungen dar, welche bei dem Heilungsprozefs der Wunden sich einstellen.

M Markkörper. *H* Holzkörper. *R* Rindenkörper. *g* normal gelagerte Gefäfse. *g'* vorgeschobene Gefäfse. *b* durch Kork eingekapselte, tote Hartbastgruppen der Aufsenrinde. *b'* junge Hartbastgruppen der Aufsenrinde. *wr* abgestorbener Wundrand der alten Rinde *R*. Das alte Gewebe ist durch eine Tafelkorklage (*t*) vom gesunden abgegrenzt. *w* und *n* aus dem Wundcallus differenzierte neue Rinde. (Orig.)

Fäulniserscheinungen sich vergröfserten und vermehrten. Der bereits differenzierte jugendliche Splint bildete seine Elemente in lockerer, dünnwandiger Form weiter aus, und daher kommt es, dafs man dünnwandige Gefäfse (*g'*) in einem zarten Parenchymholz wiederfindet. Das ganze mit *n* bezeichnete Gewebe ist Neubildung, deren Entstehung mit der Neuberindung geschälter Baumstämme übereinstimmt. Das neue, aus Callus hervorgegangene Gewebe weist bereits eine Differenzierung auf, welche anzeigt, dafs der Stamm eine neue Rinde an der Wundstelle zu bilden im Begriff ist; denn wir finden in der Region unmittelbar vor den dünnwandigen Gefäfsen (*g'*) die ersten parallelen Zellteilungen, die auf die Ausbildung einer neuen Cambiumzone hindeuten. Aufserhalb derselben erkennt man bereits die Anlage von sekundären Hartbastelementen (*b'*) in einem zwar plasmatischen Inhalt, aber noch keine Chloroplasten führenden parenchymatischen Gewebe, das später zur normalen Rinde wird.

Dieser Heilungsvorgang ist aber nur dann beobachtet worden, wenn die Pflanzen direktes Sonnenlicht und frische, bewegte Luft zugeführt bekamen. Die ganze Erscheinung habe ich bis jetzt nur als eine Krankheit in Gewächshäusern kennen gelernt, und zwar in solchen, die wegen der Kultur anderer Gewächse wärmerer Zonen eine geschlossene, sehr feuchte Luft behalten mufsten. In einem speziellen Falle sah ich die Krankheit durch reichliche Lüftung des Gewächshauses zum Stillstand kommen und im folgenden Jahre bei neuer Besetzung mit Blattpflanzen und demgemäfs gesteigerter Luftfeuchtigkeit in verstärktem Mafse wiederum auftreten. Daher möchte ich die Erscheinung als eine direkte Folge übermäfsiger Luftfeuchtigkeit ansprechen.

Die Bekämpfungsmafsregeln ergeben sich von selbst. In einem Falle hat neben der gesteigerten Licht- und Luftzufuhr auch eine Beigabe von Gips zur Erde sich vorteilhaft erwiesen.

Wir haben den Intumescenzen und verwandten Erscheinungen einen bedeutenden Raum gewidmet, um dadurch auf deren Bedeutung hinzuweisen. Vorzugsweise kommen die Glashauskulturen in Betracht, und vielfache Beobachtungen haben mir gezeigt, dafs äufserst zahlreiche Krankheiten darauf zurückzuführen sind, dafs man die natürliche Ruheperiode der Pflanzen nicht beachtet und sie durch hohe Wärme und Feuchtigkeit zu unzeitiger und daher abwegiger Produktion reizt.

Sechstes Kapitel.

Nebel.

In den gemäfsigten Klimaten hört man selten über Beschädigungen durch Nebel klagen. Im Gebirge hat sich die Vegetation den reichen Niederschlagsmengen angepafst, und der Verzögerung in der Reife der Halmfrüchte und im Trocknen der übrigen pflanzlichen Produkte hat man durch Kulturmafsregeln nach Möglichkeit abzuhelfen gesucht.

Dafs in der Ebene sogenannte „Nebellöcher", auch „Frostlöcher", sind, welche durch starke Flechtenvegetation an den Baumstämmen sich auszeichnen, dürfte bekannt sein.

In den warmen Gegenden wird der Nebel bedeutungsvoller als schädigender Faktor, weil er hier als wesentlicher Förderer saprophyter und parasitärer Pilze sich geltend machen kann. Den häufigsten Klagen begegnen wir bei den B a u m w o l l k u l t u r e n, und eingehende Schilderungen liegen aus Ägypten vor. DAVID[1]) schreibt aus der Baumwollversuchsstation zu Zagazig, dafs an jedem Morgen im Oktober in Unterägypten der Boden von schweren, dichten Ausdünstungen oder niedrigen Nebeln bedeckt erscheint. Eine allgemeine Folge ist zunächst die, dafs die Kapseln sich nicht öffnen, weil die Fruchtblätter zu zähe bleiben. Die Laubblätter bekommen rote Flecke, die man der Einwirkung der Sonne auf die Tautröpfchen zuschreibt; letztere wirken als Brennlinsen. Die Baumwollhaare in den Kapseln faulen oder werden durch die Einwirkung eines Schwärzepilzes entwertet. Neben der Baumwolle leiden auch *Hibiscus esculentus* und *cannabinus*, ja selbst junge Maispflanzen. Die wesentlichste Veranlassung zu dieser verhängnisvollen Nebelbildung, die von den englischen und Gebirgsnebeln vollständig verschieden ist, gibt das Einsickern des Wassers vom Nil her und die während der Brache erfolgende Unterwassersetzung des Landes, so dafs der Boden nafs, dicht und schlammig wird.

Die Empfindlichkeit der Baumwolle erklärt sich aus ihren speziellen Ansprüchen an Boden und Klima. Dieselben werden besonders eingehend in der Spezialarbeit von OPPEL[2]) geschildert. Danach verträgt die Baumwolle als Tieflandpflanze keinen steinigen Boden und keine schroffen Temperaturübergänge; sie verlangt in ihrer sechsmonatlichen Wachstumszeit 18—20° C Mittelwärme und ausgiebige Feuchtigkeit, aber erweist sich gegen anhaltende Regenzeit sehr empfindlich. „Hohe Luftwärme, grofse Bodenwärme, heiterer Himmel bei Tage und reichlicher Taufall bei Nacht sind Hauptbedingungen." Nach Aufbrechen der Blüten mufs trockenes, warmes Wetter herrschen. Sandiger Boden ist besonders zusagend; auf humusreichen Böden schiefst die Pflanze zu sehr ins Kraut. Tonboden ist gänzlich untauglich, da er die Feuchtigkeit nicht durchläfst.

Übrigens liegen auch Beispiele von Anpassung an das Klima vor. So berichten WEBBER und BESSEY[3]), dafs die Baumwolle bei ihrer Überführung von Bahamas nach Georgien anfangs zugrunde ging, doch allmählich sich dem gemäfsigten Klima anpafste.

---

[1]) DAVID, Nebel und Erdausdünstungen und ihr Einflufs auf ägyptische Baumwolle. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1897, S. 143.

[2]) OPPEL, Die Baumwolle nach Geschichte, Anbau usw. Leipzig. cit. Bot. Jahresber. 1902, I, S. 374

[3]) Yearbook of the Depart. of Agricult. 1899, p. 463.

Aber auch die Nebel von der Art der englischen können verhängnisvoll werden, und zwar in grofsen Städten mit vielen Fabriken. Die umfassendsten Studien über Londoner Nebel hat auf Veranlassung der Royal Horticultural Society in London F. W. OLIVER [1]) veröffentlicht. Die lästigste Beimengung ist der Rauch, dessen Bestandteile als rufsige Überzüge nicht nur die Pflanzen, sondern auch die Scheiben usw. überziehen. Eine Analyse dieser Rufsüberzüge ergab:

Kohlenstoff	39,00 %
Kohlenwasserstoffe	12,30 %
Organische Basen	2,00 %
Schwefelsäure	4,33 %
Salzsäure	1,43 %
Ammoniak	1,37 %
Metallisches Eisen und magnetisches Oxyd	2,63 %
Silikate, Eisenoxyd u. a. Mineralstoffe	31,24 %

Je nach der Empfindlichkeit der einzelnen Arten sind die Beschädigungen der Pflanzen entweder nur Verfärbungserscheinungen oder führen zum Blattabwurf. Bei ersterer Art sind Blattspitzen und -ränder gebräunt, aber die übrige Blattfläche noch arbeitsfähig (*Pteris*, *Odontoglossum* etc.). Blattabwurf unter gänzlicher Vergilbung und Bräunung oder aber auch ohne äufsere Zeichen einer Beschädigung ist der häufigere Fall. Als Ursache der Blattzerstörung wird die Schwefelsäure angesehen; aufserdem schreibt OLIVER auch dem metallischen Eisen einen schädigenden Einflufs zu. Bei den blattabwerfenden Pflanzen, die übrigens vor dem Abfall eine Entleerung der Blätter an Stärke erkennen lassen, dürfte die schwefelige Säure in erster Linie verantwortlich zu machen sein. Die Versuche, welche ein schnelles Herabgehen der Transpiration feststellten, ergaben jedoch erst dann ähnliche Wirkungen wie bei dem Nebel, wenn gleichzeitig eine Verminderung des Lichtes eintrat. Diesem Lichtmangel möchte ich auch die Entleerung der Zellen zuschreiben; denn bei alleiniger Einwirkung der Säure sah ich bei meinen Versuchen den gesamten Zellinhalt schnell sterben und der Wandung auftrocknen.

Von Teersubstanzen war namentlich Pyridin in grofser Menge im Nebel enthalten. Bei Versuchen mit Dämpfen von diesem Körper zeigte sich, dafs die Blätter nach einiger Zeit schlaff und dunkler grün wurden. Die Zellen erwiesen sich als plasmolysiert; das Plasma der Epidermis wurde gebräunt, das Chlorophyll aber nicht verändert. Wo Braunfärbung eintrat, war in der Regel Tannin in den Zellen. Das Eindringen des Pyridins erfolgt ähnlich dem der schwefeligen Säure vorherrschend durch die Spaltöffnungen. Ganz ähnliche Wirkungen zeigten auch die dem Pyridin verwandten Körper, wie Picolin, Lutidin, Nicotin, Thiophen etc.

Sehr heftig griff Phenol sowohl in wässeriger Lösung als auch namentlich in Dampfform das Laub an: starke Plasmolyse, Braunfärbung des Plasmas und der Chloroplasten.

Die Blüten verhielten sich dem Nebel gegenüber ungemein verschieden; bisweilen zeigten sich wesentliche Unterschiede bei zwei

[1]) OLIVER, F. W., On the effects of urban fog upon cultivated plants. Journ. Hortic. Soc. Vol. XVI, 1893; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893, S. 224, und Gard. Chron. XII, 1892, S. 21, 594, 648 usw.

Arten derselben Gattung und sogar bei den einzelnen Petalen derselben Blüte. Tulpen, Hyacinthen und Narzissen waren sehr widerstandsfähig.

Von Interesse ist es, daſs infolge des mit dem Nebel verbundenen Lichtmangels, wodurch die Assimilation, Transpiration und Respiration zurückgedrückt werden, sich manchmal eine eigenartige Gelbfleckigkeit einstellte. Dabei schien eine Häufung des Säuregehaltes (weil bei der verminderten Atmung weniger organische Säuren verbrennen) einzutreten und eine damit verbundene Turgescenzsteigerung zu Zellstreckungen im Mesophyll zu führen (*aurigo*).

Wir haben somit bei dem Nebel in den Städten zwei schädigende Faktoren ins Auge zu fassen: die Lichtverminderung und die Giftwirkung der beigemengten Stoffe, welche um so gefährlicher ist, je lichtbedürftiger die Pflanzen sind. Die einer geringeren Lichtzufuhr angepaſsten Gewächse (Farne) haben sich weniger empfindlich erwiesen.

Eine Verminderung der schädlichen Wirkungen derartiger Nebel wird nur bei Glashauskulturen möglich sein und ist in England auch erzielt worden. Man bediente sich spezieller Reinigungsapparate (Fogannihilator), bei denen die in die Glashäuser eintretende Luft über stark absorbierende Substanzen (Holzkohle) geführt wurde. Für Freilandpflanzungen kann nur die Auswahl widerstandsfähiger Arten in Betracht kommen.

Siebentes Kapitel.

Regengüsse.

Von den schädigenden Einwirkungen, die sogenannte Schlagregen auf den Boden ausüben, indem sie die Oberfläche desselben festschlagen oder groſse Erdmengen zusammenschwemmen, ist bereits früher gesprochen worden. Die nächstliegenden Folgen sind die Erscheinungen des Sauerstoffmangels für die Wurzeln. Betreffs der Einwirkung der Regengüsse direkt auf den Pflanzenkörper kommt zunächst die mechanische Wirkung in Betracht. Daſs nicht häufiger Pflanzenblätter von Platzregen zerschlagen werden oder bei anhaltend sanftem Regen durch eine zu groſse Wasseransammlung leiden, erklärt sich daraus, daſs viele Pflanzen Einrichtungen zeigen, durch welche sie befähigt werden, derartigen Schädigungen auszuweichen. Eine eingehende Darstellung solcher Verhältnisse finden wir bei Stahl[1]) und Jungner[2]), welche auf die Ausbildung von Träufelspitzen, auf die Stellung und vielfache Teilung der Blattflächen usw. aufmerksam machen.

Weniger in Betracht gezogen sind bisher die mittelbaren Folgen des Regens, die durch Verminderung der Transpiration in Verbindung mit der starken Wasseraufnahme durch die Wurzeln zustande kommen. Dahin gehört das Anschwellen des Holzkörpers bei den Bäumen. Nach den Untersuchungen von Friedrich[3]) findet durch die Herabminderung der Transpiration während der Nachtzeit ein ständiges An-

[1]) Stahl, E., Regenfall und Blattgestalt. Ein Beitrag zur Pflanzenbiologie. Annal. de Buitenzorg.; cit. Bot. Jahresber. 1893, I, S. 49.

[2]) Jungner, J. R., Om regnblad, daggblad och snöblad. Bot. Not.; cit. Botan. Jahresber. 1893, S. 49.

[3]) Friedrich, Josef, Über den Einfluſs der Witterung auf den Baumzuwachs. Mitteil. üb. d. forstl. Versuchswesen Österreichs, Wien 1897, Heft XXII.

schwellen des Baumstammes (abgesehen vom direkten Zuwachs) durch Quellung des Holzkörpers statt, während tagsüber ein Abschwellen sich einstellt. Die Differenzen werden zur Zeit der gröfsten Zuwachstätigkeit am stärksten sein und die Quellung des Holzkörpers bei Eintritt von Regen nach längerer Trockenheit besonders scharf hervortreten. Rinde und Borke sind dabei mehr passiv beteiligt. Zuwachs und Quellung des Holzzylinders werden durch die Luftfeuchtigkeit in ihrem Einflufs auf die Baumkrone geregelt.

Es ist nun leicht ersichtlich, dafs bei Bäumen, solange sie glattrindig sind, durch starke und plötzliche Schwellungs- und Zuwachssteigerungen die Rinde stellenweise platzen wird. Derartige Wunden können in Lagen mit reicher Boden- und Luftfeuchtigkeit zu offenen Wunden werden, die, wie ich glaube, durch Bakterienansiedlung sich dauernd vergröfsern. Es entstehen dann jene *Grindstellen der jugendlichen Baumstämme*, die man z. B. bei Linden, Ulmen, Eschen, Ahorn usw. an nassen Gräben und Dorfteichen beobachten kann.

Mehr noch als bei den holzigen äufsert sich bei den krautartigen Gewächsen der Einflufs einer längeren Regenperiode in Erscheinungen des Aufplatzens von Früchten und Stengeln. Das bedeutsamste Vorkommnis bei unseren Gemüsekulturen nach dieser Richtung ist das *Aufreifsen der Gurken*; am meisten leiden die Früchte, stellenweise auch die Stengel. Die mit anhaltend regnerischem Wetter vielfach verbundene Depression der Temperatur ist nicht selten die Ursache gänzlicher Mifsernten, da die Gurken dann an Gummosis und verschiedenen Schwärzepilzen leiden.

Lange, kühle Regenperioden können ferner auch vorzeitigen Blattfall, schlecht ausgebildete Ähren bei Getreide, geringen Zucker- und Stärkegehalt an Rüben und Knollen usw. hervorrufen.

Mit Recht fürchtet man den Einflufs wiederholter Regenschauer zur Blütezeit der Obstbäume und der zur Samengewinnung angebauten Feldgewächse. Erstens werden die zur Bestäubung notwendigen Insekten von reichlichem Flug abgehalten und zweitens auch das Aufspringen der Staubbeutel und Festhaften der Pollenkörner auf der Narbe erschwert.

Dagegen ist die Anschauung, dafs die Vermehrung der Bakterien und Mycelpilze stets durch Regenzeiten gefördert werde, nicht durchgängig zutreffend. Nur wenn die Regenperioden von Wärme begleitet werden, steigern sich meistens die parasitären Erkrankungen; dagegen hält kalte, nasse Witterung das Wachstum der hervorragendsten Parasiten (Roste, Falscher Meltau etc.) zurück.

In den Tropengegenden erweisen sich die regenreichen Jahrgänge daher meist als Begünstiger der Pilzkrankheiten, und um wenigstens ein Beispiel anzuführen, nennen wir die Beobachtungen von Busse[1]), der die *Phytophthorafäule der Kakaofrüchte* besonders stark in regenreichen Jahren auftreten sah. Nicht die Regenmenge, sondern mehr die Form der Wiederholung der Regen ist ausschlaggebend. Wuchtige Regengüsse scheinen die Ansiedlung der Pilzsporen auf den glattschaligen Früchten eher zu verhindern; aber die feineren häufigen Regen, die in Bodenmulden und Gebieten mit mangelhaftem Wasser-

---

[1]) Busse, W., Reisebericht der pflanzenpathologischen Expedition d. kolonialwirtschaftl. Komitees nach Westafrika. Tropenpflanzer 1905, S. 25.

abfluſs stagnierende Feuchtigkeit leicht erzeugen können, erweisen sich pilzbegünstigend. Weniger leiden die Gegenden, in denen die frische Seebrise oder überhaupt der Wind ungehindert Zutritt hat.

Auch für unsere Kulturen ist in regenreichen Zeiten der **Wind** ein bisher unterschätzter Bundesgenosse im Kampfe gegen Parasiten, und in dichtgepflanzten Obstgärten sollte man namentlich in warmen Regenperioden die Baumkronen durch öfteres Schütteln von dem überschüssigen Wasser befreien.

Achtes Kapitel.

Hagel.

Alle Hagelschäden stellen Wunden mit Substanzverlust dar; eine chemische Einwirkung infolge der Kälte des Hagelkorns ist nicht nachweisbar, sondern nur eben der mechanische Schlag, der entweder einzelne Partien des Gewebes quetscht und durch Vertrocknung zugrunde gehen läſst oder der Blätter und Achsen zerfetzt, indem er mehr oder weniger groſse Partien abschlägt.

Um einen Einblick in die verschiedenen Wirkungen des Hagelschlages zu erlangen, sei hier ein kleines Stück eines Roggenhalmes vorgeführt, der an den Stellen *g*, *z* und *v* vom Hagel getroffen worden ist. Bei Betrachtung eines solchen Halmes nach einem Hagelschauer, der nicht so stark gewesen, daſs Blätter oder Ähren abgeschlagen oder gar die ganzen Halme geknickt worden wären, bemerken wir bekanntlich weiſsliche oder weiſse Flecke auf der grünstreifigen Oberfläche. Die Streifung entsteht durch abwechselnde Lagerung von dunkelgrünen Furchen und helleren Linien. Im Querschnitt erkennt man, daſs diese Furchen aus einem weichen, Chlorophyll führenden Rindenparenchym bestehen, während die helleren Streifen aus dickwandigen, faserartigen Zellen (*p*) zusammengesetzt sind. Diese Faserstränge geben dem Halme seine Festigkeit; je dickwandiger dieselben, desto widerstandsfähiger und weniger zum Lagern geneigt zeigt sich der Halm. In vorliegender Zeichnung (Fig. 91) erweisen sich die grünen Partien am meisten verändert. Während bei *g* die Zellen unversehrt erscheinen, zeigen sich bei *z* nur noch gerüstartig untereinander verbundene, trockene Zellhäute, die weiter nach der inneren Halmwandung zu in noch grünes, lebendes Gewebe *u* übergehen. Hier hat also der Schlag des Hagelkorns in der Weise gewirkt, daſs die Oberhaut des Halmes *e* gar nicht zerstört worden ist, wohl aber hat das weichere, darunterliegende Rindenparenchym derartige Quetschungen davongetragen, daſs ein Teil der Zellen allmählich abgestorben ist. Das dahinterliegende, chlorophyllhaltige Gewebe zeigt aber, daſs der Schlag hier an dieser Stelle nicht so heftig war wie bei *v*. Dort verblieben nur noch wenige Reste von Zellwandungen des ehemaligen saftigen Rindengewebes, und an dieser Stelle hat das Hagelkorn solche Gewalt gehabt, daſs es die derbwandige zähe Oberhaut bei *o* entzweigeschlagen hat. Durch die dadurch entstandene Öffnung ist die Luft in die Wunde getreten, und infolgedessen erscheint ein solcher Hagelfleck für das bloſse Auge weiſs, wärend bei *u* immer noch ein grünlicher Farbenton bemerkbar sein wird.

In ähnlicher Weise wird sich der Gewebeverlust bei anderen parenchymatischen Pflanzenteilen gestalten, und je nach der Gröfse dieses Verlustes wird die assimilatorische Tätigkeit sinken. Indes dürfte dieses Herabdrücken der Lebenstätigkeit nur dann von hervorragendem Einflufs werden, wenn das Hagelwetter zu einer Zeit sich einstellt, in welcher die Bildung des vegetativen Apparates bereits beendet worden und die Pflanze in die Reproduktionsepoche eintritt, in welcher sie die plastischen Stoffe aus den Blättern herauszieht.

Den Einflufs des Hagels auf die Getreideähren schildert C. Kraus [1]) nach Beobachtungen, die er hauptsächlich bei Gerste angestellt hat. Er fand viele Ähren stark abwärts gekrümmt und gedreht, weil es den wenigsten Ähren gelungen war, ihre Grannenspitzen aus der obersten, vom Hagel getroffenen Blattscheide loszumachen. Die direkt getroffenen

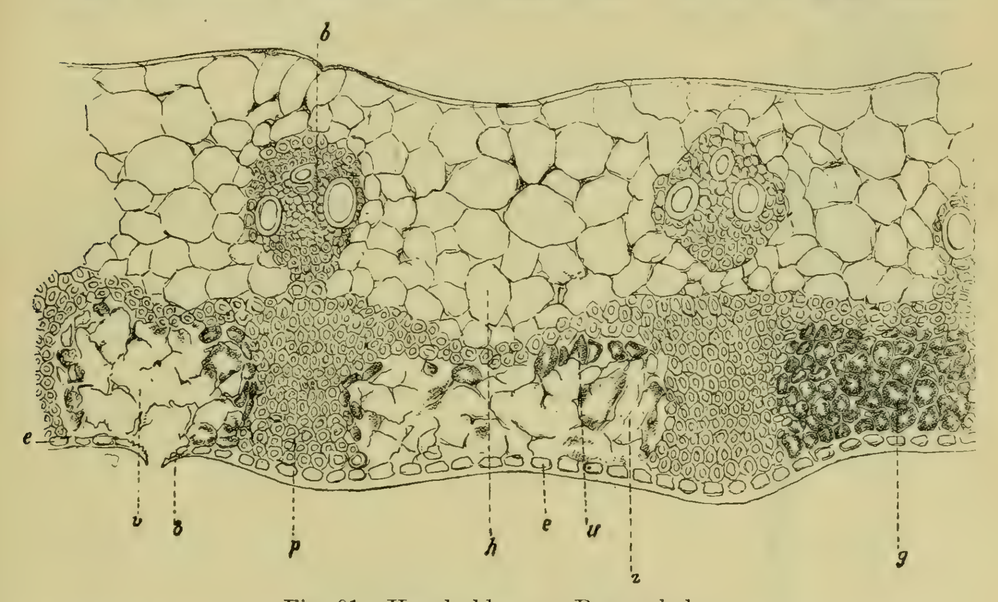


Fig. 91. Hagelschlag am Roggenhalm.
g gesundes, grünes Gewebe, *z* von einem Hagelkorn verletztes, *u* anstofsendes gesundes Parenchym, *v* völlig zerstörte Halmrinde mit gesprengter Oberhaut *o*; *h* Halmparenchym, *b* Gefäfsbündel, *p* Stränge bastfaserähnlicher Zellen. (Orig.)

Ähren blieben in ihrer gesamten Ausbildung zurück. Die Körner erwiesen sich leichter, ungleichmäfsiger und vielfach schwarzspitzig. Das Ährengewicht blieb um 38 %, das Körnergewicht um 43 % zurück. Ähnliches fand Kraus bei zwei unbegrannten Weizensorten, bei denen sich aber wegen des Fehlens der Grannen die Ähren leichter aus der obersten Blattscheide hatten herausarbeiten können. Demgemäfs war das Ährengewicht der verhagelten Weizenhalme nur um 24 bez. 15 %, das Körnergewicht um 27, bez. um 17 % geringer als das der nicht vom Hagel getroffenen Pflanzen.

Wenn zeitig im Jahre, also etwa im Mai, Hagelschlag eintritt, bemerkt man später nicht selten zwischen den von Hagelflecken bedeckten

[1]) Kraus, C., Wirkung von Hagelschlägen. Deutsche Landwirtschaftl. Presse 1899, Nr. 14/15.

reifenden, aufrechten viele kürzere, grüne, an der Basis geknicte Halme. Hier hat wahrscheinlich das Hagelkorn die Pflanze geknickt, und der Halm hat zum Emporrichten mehr Zeit gebraucht, was die Reife verzögerte.



Fig. 92. Weizenähre durch Hagelschlag geknickt. Knickstelle kahl. (Orig.)

Der Weizen scheint am robustesten zu sein. Ich beobachtete nach einem Hagelwetter im Juni 1905, daſs die Roggenhalme, die in Fig. 91 dargestellten Beschädigungen aufwiesen, während in den entsprechenden Zellgruppen bei Weizen das innere Gewebe nur durch einen Riſs zerklüftet oder unbeschädigt war. Die Epidermis war nicht zerrissen, sondern nur in Wandung und Inhalt gebräunt.

Sehr auffällig war die Knickung der Ähren, von der die beistehende Fig. 92 nur eine milde Form darstellt, bei der die Spindel einen stumpfen Winkel macht (*h*). Bei den stärkst beschädigten Ähren war die Spindel zwei- bis dreimal derartig geknickt und an den Knickstellen fast gänzlich kahl.

Fig. 93 gibt ein Bild von der Beschaffenheit der Spindel an der Knickstelle. Es bezeichnet *g* die Gefäſse, *z* das zerrissene Parenchym, *v* die Stelle, an der ein Gefäſsbündel zum Absterben gebracht worden ist. Seitlich davon, bei *br*, erschien das gesamte Gewebe tief gebräunt. An anderen Ähren fand man an der Schlagstelle die Epidermis aufgerissen, das angrenzende Gewebe zusammengefallen, verzerrt und gebräunt. Einzelne Gefäſsbündel erwiesen sich fast gänzlich isoliert, indem das gerissene oder gezerrte Parenchym abgeplatzt war. Es dürfte dies eine Folge der Spannung sein, da die noch grüne Ähre später weiter wächst. Je nachdem das Hagelkorn aufschlägt, variieren die Beschädigungen sehr mannigfach. Stellenweise konnte auch das von C. KRAUS gemeldete Vorkommnis beobachtet werden, daſs nach dem Aufschlagen des Hagelkorns auf Ähren, die noch in der Blattscheide gesteckt hatten, die Grannen sitzen blieben. Dadurch kam die Ähre bogig verkrümmt zum Vorschein. An der Ansatzstelle der Ährchen waren die Beschädigungen meist intensiver als in den Spindelinternodien zu finden.

Schwere Schädigungen kann der Hafer erleiden, wenn die Rispen noch in der oberen Blattscheide zur Zeit des Hagelwetters eingeschlossen sind. Es können gänzlich taube Ährchen entstehen, und die Pflanzen ähneln dann zum Verwechseln den durch Blasenfüſse beschädigten. Ährenverkrümmungen durch das Saugen von *Thrips* habe ich bei Gerste in manchen Jahren häufig gefunden. Sehr instruktive Abbildungen

liefert PUPPEL[1]), der auch mehrfach versucht hat, die Wirkungen mechanischer Stöfse zu studieren. Er liefs z. B. ein Stück noch nicht geschofsten Winterroggens mit einer schweren glatten Walze niederwalzen. Bei dem Ausschossen der Ähren fand er ein ähnliches Bild wie nach Hagelschlag.

Eine eigenartige Erscheinung zeigte sich bei Weizen, der am 4. Juni verhagelt war. Aufser den bekannten Hagelwunden an allen Halmen fanden sich, zerstreut im ganzen Felde, Pflanzen von grünerem Aussehen mit fast körnerlosen Ähren. Was an Körnern vorhanden war, erwies sich im Juli noch grün und milchig. Die Ähren in ihrer Gesamtheit erschienen hell lederbraun durch Bräunung fast aller Spelzen. Zwischen diesen sah man kurze, frisch grüne Spelzenspitzen hervortreten, welche durchwachsenen Ährchen angehörten. Diese enthielten 6—8 Blütenanlagen, von denen keine einzige ausgebildet war

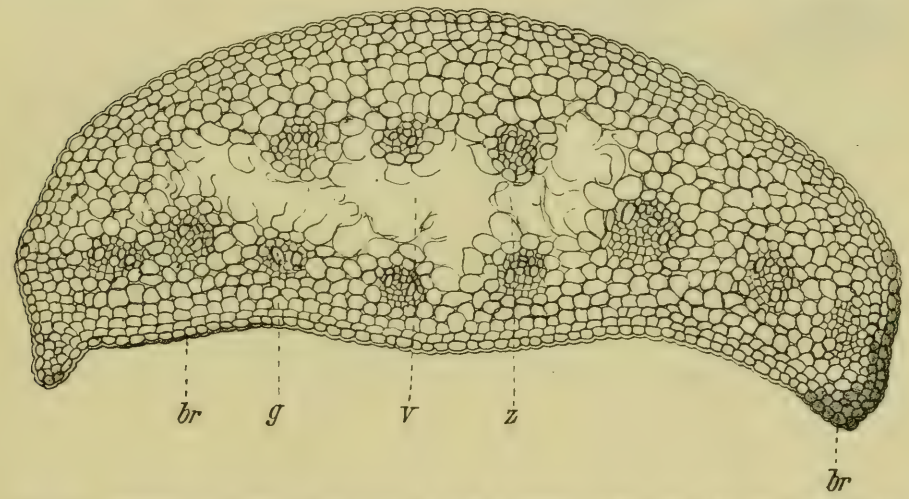


Fig. 93. Querschnitt durch die Spindel der Weizenähre an der Hagelschlagstelle (*h*) der vorigen Figur. (Orig.)

und die obersten nur noch Anfänge der Staubbeutel erkennen liefsen. Die Spelzen waren lanzettlich, dunkelgrün und krautartig weich, so dafs ein deutlicher Übergang zum Laubblattcharakter erkennbar war. In einem andern Falle waren tatsächlich junge Pflänzchen aus dem Grunde einzelner Ährchen hervorgesprofst.

Etwas Ähnliches beobachtete BEHRENS[2]) nach einem am 1. Juli eingetretenen Hagelwetter bei Hopfen, bei dem bereits vier Wochen später die Blütenkätzchen vollkommen verlaubt waren. Dafs diese Umbildung der Blütenstände wirklich mit der Zerstörung der Blätter durch den Hagel zusammenhängt, geht aus des Verfassers Versuchen hervor. Er erzielte nämlich bei fortgesetzt künstlich entlaubten Ranken die sog. „brauschen Hopfen" (s. S. 343), während die nicht ihrer Blätter beraubten Stengel desselben Stockes normale Kätzchen lieferten.

[1]) PUPPEL, MAX, Hagel- und Insektenschäden. 40 Tafeln nach Originalphotographien. Berlin 1904, P. Parey.
[2]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1896, S. 111.

Bei den Kartoffeln ist ein Rückgang im Stärkegehalt der Knollen durch Verhageln des Krautes beobachtet worden[1]). Bedeutenden Schaden kann der Raps durch Verletzung der Schoten erleiden, und es ist selbstverständlich, daſs bei allen unsern krautartigen Kulturgewächsen die Zerstörung des Laubkörpers einen Ernteausfall bedingen muſs. Ein Fehler wäre es aber, das vom Hagel zerfetzte Laub zu entfernen. Versuche bei Kohlpflanzen zeigten, daſs man bessere Köpfe auf derjenigen Ackerparzelle erhielt, bei welcher man das zerschlagene Laub belassen hatte gegenüber einer solchen, auf welcher den Pflanzen die verletzten Blätter fortgenommen worden waren.

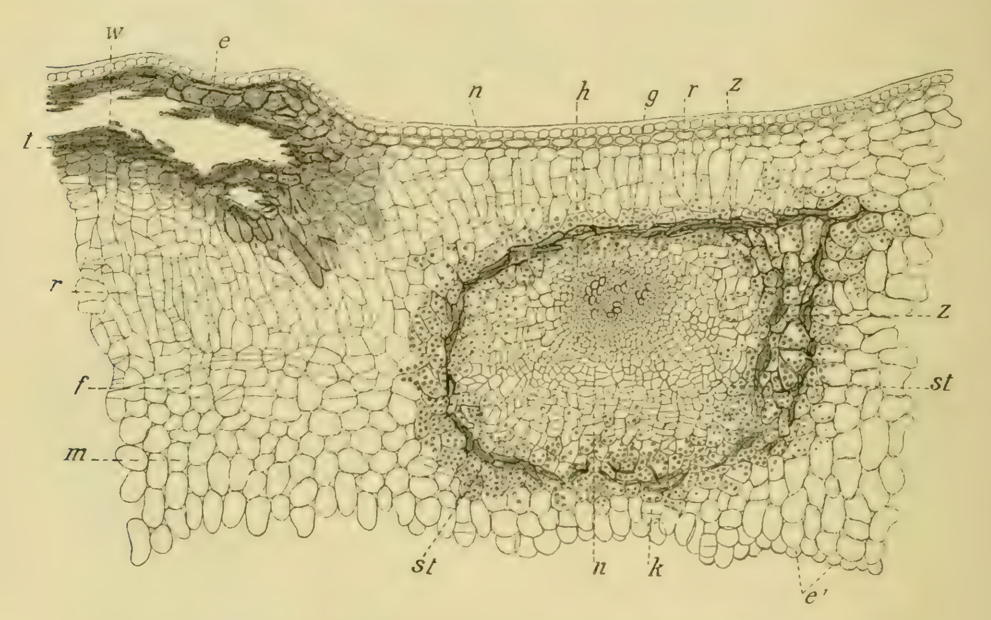


Fig. 94. Querschnitt durch die Fruchtwand einer vom Hagel getroffenen Tomatenfrucht. (Orig.)

e Epidermis der Auſsenseite der Frucht, *e'* Epidermis der Innenseite der Fruchtwand, *w* abgestorbener Wundrand, durch Tafelkork *t* vom lebenden Gewebe abgegrenzt; *r* radial sich streckende, teilweise sich fächernde Zellen, *m* normale Zellen des Fruchtfleisches, *f* beginnende Bildung von Tafelkork, *g* Gefäſsbündel, *h* Gefäſsbündelscheide, *n* Fächerung der radial zum Gefäſsbündel sich überverlängernden Zellen, *k* verkorkte Gewebezone, *st* Stärke, *z* zerknitterte Zellen mit verquollenen, verkorkten Wandungen.

Interessant sind die inneren Beschädigungen, die nach Hagelschlag an saftigen Früchten vorkommen. Fig. 94 stellt den Querschnitt der Fruchtwand einer vom Hagel getroffenen Tomate dar. Wir erblicken links die eigentliche Schlagstelle in Form einer trocknen, harten, dunkelbraunen Auftreibung mit nicht zerstörter Epidermis (*e*). Durch den Schlag des Hagelkorns ist das zartere subepidermale Gewebe tödlich gequetscht worden und infolgedessen gebräunt und vertrocknet (*t*). Infolge des weiteren Schwellungsprozesses der noch nicht ausgereiften Frucht ist das Gewebe zerrissen und zu einer harten Blase umgebildet worden.

Neben dieser äuſserlich scharf in die Augen springenden Verletzung aber zeigt sich mitten im saftigen Fruchtfleisch eine zweite harte Stelle

[1]) Jahresber. d. Sonderausschusses f. Pflanzenschutz 1903, S. 94.

im Umkreise eines Gefäfsbündels (*g*). Die Härte des Gewebes kommt hier von dem Verkorkungsvorgange, dem die ganze Stelle verfallen ist, nachdem sich zunächst eine reichliche Zellstreckung und -fächerung in der Umgebung des Bündels eingestellt hatte. Diese wird wahrscheinlich dadurch eingeleitet worden sein, dafs durch den Hagelschlag oder dessen Nachwirkung eine ringförmige Zone (*z*) in einer bestimmten Entfernung vom Gefäfsbündel sich verändert hat. Einzelne Zellen sind unter Verquellung und Verkorkung der Wandungen zusammengefallen; andere haben nur verquollene Wandungen bekommen und die anstofsenden Zellwände sind ohne sonstige Änderung nur verkorkt. Zu der Zeit, als der Hagel fiel, war die Frucht noch grün und stärkereich, und durch die Gewebeverkorkung ist die Stärke in der irritierten Gewebezone erhalten geblieben, während sie bei der nachträglich fortschreitenden Reife aus dem übrigen Fruchtfleisch verschwunden ist. Deshalb sehen wir einen Ring aus tief gebräuntem, mit Stärke (*st*) angefülltem Gewebe um das Gefäfsbündel gezogen.

Durch die Abtötung und das teilweise Zusammenfallen dieser Zellen haben die direkt an dem Gefäfsbündel liegenden und von diesem noch reichlich mit Wasser versehenen Zellen Raum zur Streckung bekommen. Sie haben sich, von der Gefäfsbündelscheide (*h*) beginnend, in annähernd radialer Richtung überverlängert und durch parallele Querwände (*n*) gefächert. Auch aufserhalb der eigentlichen Wundstelle hat das Parenchym der Fruchtwand an der radialen Streckung (*r*) sich beteiligt, und nur das Innenfruchtfleisch (*m*) ist normal geblieben. An der Grenze zwischen dem normalen und überverlängerten Gewebe begann zur Zeit der Untersuchung eine Tafelkorkbildung (*f*) sich einzustellen, die, sich an die verkorkte Innenstelle anschliefsend, eine zusammenhängende zähe Masse bildete.

Ähnlichen Korkstellen begegnen wir bei den Früchten von Kernobst, namentlich bei Äpfeln. Auch hier macht der Hagelschlag vielfach keine offenen Wunden, namentlich bei unreifen Früchten. Wir finden nur vertiefte, teilweise später sich bräunende Stellen. Die Vertiefung kommt dadurch zustande, dafs das unter der unverletzt bleibenden Epidermis liegende Parenchym der Apfelrinde gequetscht worden ist, infolgedessen vertrocknet und, meist in radialen Rissen, zerklüftet. Auch hier bleibt, wie bei der Tomate, die Stärke in dem verkorkenden Gewebe der Umgebung der Hagelwunde erhalten, falls der Apfel zur Zeit des Hagelschlages noch unreif war. Es bilden sich in diesem Falle später oftmals auch unregelmäfsig uhrglasförmige Zonen von Korkzellen aus, welche die gesamte innere Hagelwunde vom gesunden Fruchtfleisch abgrenzen.

Hoch bedeutsam sind die durch Hagelschlag hervorgerufenen Rindenwunden, welche, an sich in der Regel von geringer Ausdehnung, durch ihre Häufigkeit aber wesentliche Schädigungen repräsentieren. Soweit ich derartige Verletzungen an Obstbäumen zu sehen Gelegenheit hatte, habe ich gefunden, dafs die Störung im Gewebe sich nicht blofs auf die Hagelstelle selbst erstreckt, sondern auch seitlich noch sich fortpflanzt. Bei Hagelwunden an den diesjährigen Zweigen, an denen sie relativ den beträchtlichsten Schaden verursachen, pflanzt sich die Störung von der eigentlichen Wundstelle in der Form einer Rindenlockerung seitlich fort. In Folge davon sehen wir im Querschnitt von der toten Zone aus Streifen von meist stärkegefülltem Parenchymholz sich in das normale Holz einschieben und

dasselbe lockern. Es wird dadurch spröde und brüchig, und dies dürfte besonders bei solchen Baumarten ins Gewicht fallen, deren Zweige als Bind- und Flechtmaterial Verwendung finden (Weide, Birke). Unterscheiden läfst sich die Hagelwunde von der Frostbeschädigung oft durch ihre Lage im Jahresringe. Da Hagel meist in der heifsen Zeit auftritt, so liegt die Wunde nahe dem Abschlufs des Jahresringes, während die Frostbeschädigung in der Frühlingsholzzone sich vorfindet. Auffallend ist, dafs unter den Hagelstellen diesjähriger Zweige, auf welche ein Frost überhaupt noch gar nicht eingewirkt haben kann, man bisweilen in dem Radius der Wundstelle die Markkrone gebräunt, namentlich aber den Spiralgefäfsteil des Gefäfsbündels stark verfärbt findet. Da das zwischen der Wundstelle und der Markkrone liegende Holz des Gefäfsbündels gesund ist, so bleibt nur der Schlufs, dafs (vielleicht durch die Markstrahlen) eine Fortpflanzung der Störung nach dem Marke hin erfolgt.

Oftmals lassen sich auch die Hagelwunden von Frostwunden dadurch unterscheiden, dafs bei ersteren sehr bald wieder geradlinig gefächertes, gefäfsreiches, normales Holz auftritt, während bei den verheilenden Frostrissen durch die gröfsere Ausdehnung der Überwallungsränder breitere Zonen von Parenchymholz zu finden sind. Bei schwachem Hagelschlag erfolgt die Tötung der Rinde innerhalb der Schlagfläche nicht gleichmäfsig, und das Cambium wächst lückenhaft weiter.

Bei der Unregelmäfsigkeit der Heilung löst sich an den Wundstellen die Rinde schlecht und unregelmäfsig vom Holze, und dies gibt im Eichenschälwaldbetriebe Veranlassung, dafs die verhagelten Eichenschossen sich schlecht schälen lassen.

Vielfach sind die Hagelwunden Ausgangsstellen für andere Krankheitserscheinungen. Wenn feuchte Witterung längere Zeit nach dem Hagelschlag anhält, zeigen sich nicht selten Anfänge von Wundfäule, Pilzfäule und dergleichen. Bei Amygdalaceen bürgert sich leicht Gummiflufs ein. Solche Folgekrankheiten können nachher Veranlassung zum Absterben von Zweigen geben. Betrifft dieses Absterben die Gipfeltriebe junger Bäume, so sind verkrüppelte Kronen oder (bei Sämlingen) krüppelhafte Stämme die nicht seltene Folge.

In Obstbaumschulen wird nach heftigem Hagel, der die glattrindigen Stämme stark beschädigt hat, sich oft als das beste Mittel das Zurückschneiden derselben über der Veredelungsstelle empfehlen, um einen ganz neuen Stamm zu erzielen. Auch bei älteren Stämmen mit stark verhagelter Krone, die ja oftmals auch noch durch die vom Sturm abgerissenen Äste deformiert ist, wird man im folgenden Frühjahr durch zweckmäfsiges, tiefes Zurückschneiden die Krone zum Teil neu zu bilden suchen müssen. Obgleich die Reproduktionskraft zur Zeit der Hagelschäden in der Regel eine grofse im Baume ist, so dafs die Wunden leicht überheilen können, so wird man doch bei glattrindigen Stämmen, die gröfsere Partien von Rinde durch die dicht nebeneinander aufgeschlagenen Körner losgeplatzt zeigen, zum Verschliefsen der Wunde durch eine Baumsalbe schreiten müssen. Nachdem die Quetschwunden der Hagelkörner durch Ausschneiden mit einem scharfen Messer in leichter heilende Flachwunden umgewandelt worden sind, verwende man eine Mischung von Lehm und strohfreiem Rindsdung mit Asche oder Schieferstaub, die zur Salbenform zusammengeknetet sind.

Bei der augenblicklich herrschenden Manie, alles durch Düngung kurieren zu wollen, ist es nicht zu verwundern, dafs auch bei starken Beschädigungen mit Substanzverlust, wie Sturm und Hagel hervorbringen können, sofort zum Düngen geschritten wird. Wir raten aber davon ab; selbst auf magerem Boden dünge man erst dann, wenn der Baum bereits wieder neue Triebe gemacht hat. Gröfsere Wundflächen, die längere Zeit zur Überwallung brauchen, schliefst man am besten durch Überstreichen mit kaltflüssigem Baumwachs, also einer Harzmischung, welche dem Wasser den Eintritt verwehrt. Billiger ist ein Überstreichen der Wunde mit heifsem Steinkohlenteer.

Der Warnung, welche wir betreffs Erhaltung des verhagelten Blattapparates bei den Gemüsepflanzen ausgesprochen, schliefst sich Müller-Thurgau auch in Beziehung auf die Obstbäume und den Weinstock an [1]).

Bei dem Weine wird von einem „Hagelgeschmack" gesprochen [2]); dies ist vermutlich eine Folge von Pilzansiedlung an den Wundstellen der durch Hagelschlag beschädigten Beeren. Es ist empfehlenswert, dieselben auszuschneiden, obgleich die Arbeit sehr mühsam ist. Die gelockerte Traube schliefst sich wieder vollkommen, da die stehengebliebenen Beeren um so gröfser werden Wenn man die verhagelten Weinstöcke durch den Schnitt regulieren will, fange man frühestens eine Woche nach dem Hagelwetter mit dem Schneiden an, um zu sehen, wie weit die Stöcke sich erholt haben; dabei mufs soviel als möglich von dem diesjährigen Holze erhalten bleiben. Besonders wichtig ist es, die unteren, Früchte versprechenden Augen an den Reben in Ruhe zu lassen, d. h. sie vor vorzeitigem Austreiben zu bewahren. Dies geschieht dadurch [3]), dafs man mindestens noch einmal soviel Augen, als man im nächsten Jahre nötig hat, über den eigentlichen Fruchtaugen an der Rebe stehen läfst.

Unter den Vorbeugungsmitteln gegen Hagelschäden ist weiterer Prüfung ein in Piemont üblich sein sollendes Verfahren zu empfehlen. Es werden nämlich Netze von verzinktem Eisendraht über die Stöcke gespannt [4]).

In neuerer Zeit hat das „Hagelschiefsen" zu zahlreichen Versuchen geführt. Die Theorie, welche zur Anwendung des Mittels führt, wird von Nolibois [5]) entwickelt. Die von der Erde aufsteigenden Wasserdämpfe verdichten sich zu Wolken, deren dichteste Lagen am tiefsten liegen. Wenn diese untersten Schichten, veranlafst durch die starke Wärmeausstrahlung des Erdbodens, sehr stark verdampfen, wird die unmittelbar darüber liegende Wolkenschicht in hohem Mafse abgekühlt und gelegentlich sogar bis unter den Nullpunkt. Irgendein Anstofs genügt nunmehr, um den überkälteten Nebel zum Gefrieren und Niederfallen zu bringen. Der Prozefs setzt sich unter beständiger Abschwächung der Kältewirkung in die höheren Wolkenschichten fort und gelangt endlich bei der Regenbildung an.

Nach dieser Theorie wären Abhänge dem Hagel mehr ausgesetzt als Flachland, kalkiger und sandiger Boden mehr als feuchter Alluvial-

---

[1]) Müller-Thurgau, Beobachtungen über Hagelschäden an Obstbäumen und Reben. VII. Jahresber. d. Versuchsstation zu Wädensweil.

[2]) Chronique agricole du Canton de Vaud vom 10. August 1895.

[3]) Ungarische Weinzeitung 1896, Nr. 34.

[4]) Rho, G., Le reti metalliche a difesa delle viti dalla gragnuola. Bollet. d. Soc. dei Viticoltori. Roma 1892; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1894, S. 168.

[5]) Nolibois, P., Théorie de la formation de la grêle; cit. Hollrungs Jahresber. f. Pflanzenkrankh. 1904, S. 73.

boden, nackter Boden mehr wie bewaldeter, das feste Land mehr wie die Seen oder das Meer. Wenn man nun die übereinanderlagernden Wolkenschichten miteinander vermengen könnte, so daſs eine gröſsere Temperaturausgleichung erfolgte und eine Überkältung verhindert würde, so dürfte der Hagelbildung vorgebeugt werden können. Eine solche Bewegung der den Wolken benachbarten Luftschichten sucht man nun durch die Erschütterung infolge von Kanonenschüssen herbeizuführen.

Eine andere Theorie, die von der Entstehung von Wirbelstürmen infolge Nachfließsens kalter Luft von den Bergen in den heiſs aufsteigenden Talstrom ausgeht [1]), kommt ebenfalls zur Empfehlung des Hagelschieſsens. In Italien haben sich bereits zahlreiche Schieſsstationen gebildet; doch lauten deren Meldungen sehr widersprechend; günstiger wird über das Wetterschieſsen aus Frankreich berichtet [2]).

Neuntes Kapitel.

Wind.

Bei den plötzlichen Beschädigungen durch stark bewegte Luft begegnen wir in den Wäldern entweder dem „Windwurf“ oder „Windbruch“. Unter ersterem verstehen wir das Stürzen des Stammes mit einseitigem Ausheben der Wurzelkrone. Windbruch, der wirtschaftlich schädlicher ist, zeigt den Stamm in einer gewissen Höhe abgebrochen.

In welcher Weise sich die Sturmwirkung äuſsert, hängt von Baumart, individueller Stammfestigkeit und vom Standort ab. Betreffs der Baumart läſst sich bemerken, daſs zähholzige Gattungen, wie Birke, Fichte, Hain- und Rotbuche öfter geworfen als gebrochen werden; Kiefer und Eiche brechen lieber. Auch die Art der Bruchwunde dürfte je nach den Gattungen verschieden sein; es scheint, als brächen die Kiefern kürzer ab, wogegen die Eiche länger einreiſst und die spröde Akazie von der Bruchfläche aus tiefgehende Längsklüftungen des Stammstumpfes oft zeigt. Inbezug auf die individuelle Stammfestigkeit innerhalb derselben Art bemerkt man leicht, daſs kernfaule Bäume am leichtesten brechen. Der individuelle Bau der Baumkrone, die den Hauptangriffspunkt am Hebelarm des Stammes bildet, ist ebenfalls sehr berücksichtigenswert. Die Lage und die lokalen Standortsverhältnisse, welche den Bau des hier so wesentlich in Betracht kommenden Wurzelkörpers beeinflussen, sind vom weitgehendsten Einfluſs. Auf tiefgründigem Terrain werden gesäte Bäume in der Regel besser aushalten als gepflanzte, denen man zwecks leichterer Verpflanzbarkeit die Pfahlwurzel abgeschnitten hatte, und die deshalb flacher stehen. Bei flachgründigem Boden fällt der Vorteil der Pfahlwurzel weg und tritt die Ausbildung der Krone in den Vordergrund. Je höher dieselbe am sonst glatten Stamme beginnt, desto höher rückt der Schwerpunkt, desto gefährdeter wird der Baum. Pyramidale Kronen sind darum wahrscheinlich günstiger als dicht kugelförmige. Die selbstverständliche Erscheinung, daſs die Gefahr der Beschädigung um so gröſser,

---

[1]) Bordiga, O., Grandine e spari. Atti del R. Istituto d'incorraggiamento, Napoli, vol. II, 5 ser.

[2]) Praktische Blätter f. Pflanzenschutz, herausg. von Hiltner, 1905, Nr. 11.

je exponierter die Stellung des Baumes, erleidet Ausnahmen. An Gebirgsabhängen bemerkt man manchmal, dafs der Sturmschaden, namentlich der Windwurf, an der Windseite weit geringer ist, als an den Abhängen, an denen der Sturm abwärts geht. Ferner werden manchmal mitten in einem gleichmäfsigen, alten Bestande ganze Komplexe umgelegt. Erstere Erscheinung wird darauf zurückzuführen sein, dafs der Wind, der bergaufwärts weht, dadurch mehr in seiner Wirkung gebrochen wird, dafs er die Krone eines Stammes immer nur zum kleinen Teil fassen kann, weil davor eine andere der tiefer am Abhange stehenden Bäume sich befindet. Dieses etagenmäfsige Ansteigen der Baumkronen kann man auch manchmal an bewaldeten und ebenen Küstengegenden wahrnehmen. Nur wird hierbei die Terrassierung der Baumkronen nicht durch die Bodenunebenheit bei gleichhohen Stämmen hervorgerufen, sondern durch die Verschiedenheit der Stammhöhe bei gleicher Bodenebene. Man wird bemerken, dafs die Küstenwinde da, wo der Baumwuchs ihnen entgegentritt, die ersten Bäume nicht aufkommen lassen, sondern buschartig niederhalten. Erst in einiger Entfernung dahinter strecken sich, mit der Entfernung zunehmend, die Stämme bis zum Hochwald. Das Umstürzen ganzer Baumkomplexe im Innern eines gleichmäfsigen Bestandes ist auf Wirbelwind zurückzuführen. Eine andere Form des natürlich sich ausbildenden Windschutzes erwähnt Schübeler[1]) von Fichtenfamilien (s. S. 255) aus dem Gudbrandsdal in einer Höhe über dem Meere, wo die Fichte sich bereits ihrer Höhengrenze nähert. Die Bäume ordnen sich dort an exponierten Stellen gern in Reihen, und zwar so, dafs der Mutterstamm auf der Seite zu stehen kommt, welche gegen den herrschenden Wind gerichtet ist, während die durch Absenker der Äste entstandenen Tochterstämme eine ziemlich gerade Linie hinter dem Mutterbaum bilden. Also nur soweit der letztere den Wind abgehalten, war die Möglichkeit vorhanden, dafs die jungen Senkerstämmchen in die Höhe kommen konnten.

Unter den mannigfachen Windbeschädigungen in den Tropen hat man bei der Kakaokultur vielfach mit Windbruch zu tun. Abgesehen von indirekten Verlusten durch Sturz der Schattenbäume, bricht auch der Wind direkt die Gabelungen der Hauptäste auseinander. Nach den Berichten von L. Kindt hat man nun versucht, aus dem Rest der windbeschädigten Buschformen Hochstämme zu erziehen, indem man einen der vielen sich bildenden Wasserschossen in die Höhe gehen liefs und dann durch Köpfen zur Astbildung zwang. Dieses Verfahren ist teilweise als vorzüglich sich bewährend hingestellt worden, wird aber von Kindt auf Grund eigner Erfahrung durchaus verworfen. Er fand, dafs bei derartiger künstlicher, der Natur des Baumes zuwiderlaufender Stammbildung nur eine spärliche, aus kurzen, wagrecht abstehenden Ästen gebildete, schwachbeblätterte Krone entsteht, bei der vorzeitig reifende Früchte nur am Stamm gebildet werden. Die Ernte ist nicht nur im ersten Jahr, sondern auch in den folgenden Jahren quantitativ und qualitativ ungenügend.

Berücksichtigenswert sind die Zeitdauer und der Zeitpunkt der Sturmwirkung sowie die herrschende Witterung. In Regenperioden wird durchweichter Boden leichter nachgeben und zum Windwurf disponieren (s. Rieselfelder), während Frühjahrsstürme über gefrorenem Boden den Baum viel fester verankert finden und bei zunehmender Stärke mehr Windbruch veranlassen.

[1]) Schübeler, Die Pflanzenwelt Norwegens. Christiania 1873—75, S. 163.

Aufser diesen gröbsten, augenblicklich eintretenden Beschädigungen sind aber auch solche zu registrieren, welche die Existenz des Individuums nicht vernichten, sondern nur vorübergehend oder dauernd schwächen.

Zu diesen Windwirkungen gehört die schiefe Richtung der Stämme. Die auffälligsten und häufigsten Erscheinungen bieten die Strafsenpflanzungen, namentlich dann, wenn Gräben zu beiden Seiten der Chausseen oder Landwege laufen. Es läfst sich dort die auffällige Erfahrung machen, dafs, wenn sich die Strafse senkrecht zur herrschenden Windrichtung (bei uns meistens West) hinzieht, diejenige Baumreihe, welche dem Windeinflusse zunächst steht, ziemlich geradestehende Stämme behält, während die andere Seite mehr oder weniger tief geneigte, über den Graben überhängende, manchmal Säbelwuchs zeigende Bäume besitzt. Man ersieht daraus, wie ungleich die Wurzelstütze wirkt. Auf der Windseite einer solchen Strafse, wo der Wind bei seinem Angriff zunächst die Grabenfläche trifft, ist der Wurzelapparat in anderer Weise entwickelt: auf dieser Seite kann sich das Wurzelgeflecht weniger ausdehnen, dagegen ist es innerhalb des Strafsendammes stark befestigt. Der Winddruck findet durch diese Stütze ein genügend starkes Gegengewicht. Auf der anderen Seite der Strafse liegen die Verhältnisse umgekehrt; dort sind zwar auch die Wurzeln auf dem Strafsenteil besser entwickelt als am Grabenteil, aber diese ersteren bilden hier die verankernden Apparate, welche den Zug des sich neigenden Stammes auszuhalten haben. Die stützende Seite ist hier die nach dem Graben zu liegende Wurzelseite, und ihre schwache Entwicklung veranlafst das Überneigen des Baumes nach dieser Richtung. Es scheint daher, dafs der wirksamste Schutz bei Obstbäumen der gegen die Windrichtung schräg gesteckte Pfahl, der den Baum stützt, sein wird; die jetzt häufiger in Anwendung kommenden Drähte vor der Windseite, welche also den Zug des Baumes auszuhalten haben, möchten sich als minder gut erweisen.

Der „Säbelwuchs“ wird verständlich, wenn man bedenkt, dafs der Baum alljährlich in der Frühjahrs- und Sommerzeit, in welcher die Triebe sich ausbilden, durch den Wind geneigt wird. Die zu dieser Zeit fortwachsende Spitze des jungen Stammes strebt, sich immer in der Senkrechten zu erhalten, und krümmt sich um so mehr, je schneller der Baum zur Horizontalen gedrückt wird. Was hier von der Hauptachse gesagt ist, bezieht sich auch auf alle Zweige, welche in scharfen Windlagen tatsächlich einseitig fahnenartige Kronen darstellen.

Der fahnenartige Charakter liegt nicht nur in der Biegung der Äste nach der Seite, wohin der Wind weht (bei uns nach Ost), sondern auch in der Verzweigung, welche bei gröfserer Länge der Haupttriebe spärlicher zu sein scheint. Die Zweige, welche dem Wind entgegen wachsen müssen, bleiben kürzer und sterben bisweilen ab.

Sehr instruktive Beispiele liefert Ludwig Klein[1]) in zwei Fichten vom Weidfeld oberhalb des Weges Haldenwirtshaus-Wiedenereck. Die Bäume sind auf der Windseite nahezu ihrer Äste beraubt, geradeso als ob eine Hälfte der Krone mit der Schere abgeschnitten wäre (scherende Wirkung des Windes). Dieses Abtöten der Äste schiebt Klein auf die austrocknende Wirkung des Windes. Unterstützt wird die Windwirkung durch eine erheblich stärkere Erwärmung und dadurch gesteigerte Transpiration.

---

[1]) Klein, L., Die botanischen Naturdenkmäler des Grofsherzogtums Baden usw. Karlsruhe 1904, Fig. 26.

Bei den Obstbäumen tragen die fahnenartigen Kronen manchmal nur an der Peripherie Früchte, weil das Innere der Krone leicht zu dicht wird. Sobald der Stamm in hohem Grade aus der Lotlinie herausgerückt ist, macht sich eine Ernährungsdifferenz zwischen der Ober- und Unterseite der Achse geltend, welche in der Erzeugung üppiger Laubtriebe auf der dem Zenit zugewendeten Hälfte zum Ausdruck gelangt. In dem Maſse wie die üppigen Holztriebe in ihrer Entwicklung fortschreiten, erhöht



Fig. 95. Zwei windgedrückte und windgescherte Fichten. Die linke Pflanze besitzt zwei Hexenbesen und drei Sekundärwipfel. (Nach Klein).

sich ihre Macht als Anziehungsherd für das rohe Bodennährmaterial, das die Wurzeln zuführen. Je mehr Bodenlösung sie absorbieren, desto mehr geht der horizontalliegenden Partie der Baumkrone von dieser Lösung verloren, und einzelne, abwärts gedrückte Äste beginnen infolgedessen abzusterben, während die neuen Laubachsen senkrecht aufwärts schieſsen und sich zu Wasserreisern ausbilden. Damit ist eine langjährige Unfruchtbarkeit angebahnt. Auch bei Waldpflanzungen in der Nähe der Küsten ist die einseitige Kronenentwicklung bemerkbar. Das Vertrocknen der Zweige wird zum Teil jedenfalls auf die stete

Reibung durch den Wind zurückzuführen sein. Die Schwierigkeit in der Neubewaldung von Küstenstrichen ist nicht, wie wohl vielfach angenommen[1]), durch den Salzgehalt der Seewinde, sondern einfach durch deren mechanische Wirkung zu erklären.

Die Krüppelformen der Bäume an den Küsten und an den Höhegrenzen des Baumwuchses verdanken in den meisten Fällen auch dem Winde ihre Entstehung. Die Wipfel werden zum Teil vertrocknen und vom Winde abgebrochen; ein hier wesentlich mitwirkender Faktor dürfte allerdings Schneebruch sein. In der nächsten Vegetationsepoche versuchen die Bäume eines der obersten Seitenaugen zu einem neuen Gipfeltriebe auszubilden, was bei Nadelhölzern selbst unter geschützten Verhältnissen nur einigen Gattungen gelingt, in Sturmgegenden aber noch weniger vorkommt. Die Folgen der Entspitzung machen sich durch vermehrtes Wachstum von Seitenzweigen bemerkbar, welche, oft gut benadelt, schlangenartig im Gestrüpp des Bodens dahinkriechen. Ein schönes Beispiel schildert Preda[2]) von der livorneser Küste. Aufser den schief gestellten Stämmen der Kiefernarten und der Stecheiche sieht man *Juniperus phoenicea* und *Tamarix gallica* schlangenartig verbogen und die Zweige von *Phillyrea* und anderen Sträuchern miteinander verstrickt am Boden entlang kriechen.

Eine äufserst ähnliche Schilderung entwirft Hansen[3]) von der Insel St. Honorat bei Cannes.

Bernhardt[4]) bezeichnet für Deutschland gewisse Gegenden als besonders oft heimgesuchte Sturmherde. Beispielsweise seien Schwedt a. O., das schlesische Gebirge, der bayrische und Oberpfälzer Wald, der Frankenwald und in beschränkter Weise auch das norddeutsche Küstenland (Mecklenburg, Holstein) zu nennen. In diesem Küstenlande herrschen im allgemeinen Nordoststürme ebenso häufig wie West- und Nordweststürme, während für Süddeutschland West- und Südwestwinde, im ganzen Norddeutschland aber West- und Nordwestwinde ein ausgesprochenes Übergewicht besitzen.

Dafs die Verteilung der Pflanzen sich den Windverhältnissen anpassen wird, ist sicher, indem die windfesteren Arten am besten aushalten werden. Schröter und Kirchner[5]) zitieren beispielsweise eine Erklärung von Müller über die Verbreitung der baumartigen Bergkiefer *(Pinus montana)* in den Alpen, die früher einen gröfseren Verbreitungsbezirk gehabt hat, aber durch ihr langsames Wachstum, ihr Lichtbedürfnis und ihre Genügsamkeit sich auf Stellen zurückgezogen hat, wo eine andere Waldvegetation sich nicht mehr entwickeln will, nämlich an die windgefegten Stellen mit geringer Luftfeuchtigkeit oberhalb der Höhengrenze des Waldes. Diese Widerstandsfähigkeit der Kiefer gegen Wind hängt wahrscheinlich mit dem anatomischen Bau der Nadel zusammen. Zang erblickt mit Scheit in dem sogenannten Transfusionsgewebe der Gefäfsbündel (s. Scheit, die Tracheïdensäume im Blattbündel

---

[1]) Anderlind, Leo, Bericht über die Wirkung des Salzgehaltes der Luft auf die Seestrandskiefer (*Pinus Pinaster*). Forstl.-naturwiss. Zeitschr. 1897, Heft 6.

[2]) Preda, L., Effeti del libeccio etc. Bollet. Soc. Bot. ital. 1901; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1902, S. 160.

[3]) Hansen, A., Flora oder Allgem. Bot. Zeitung 1904, Bd. 93, Heft I, S. 44.

[4]) Die Waldbeschädigungen durch Sturm und Schneebruch usw.; cit. Forsch. auf dem Geb. d. Agrikulturphysik 1880, S. 527.

[5]) Kirchner, Loew und Schroeter, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Bd. I, Lief. 3, S. 207.

der Coniferen. Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. XVI. 1883) eine Vorrichtung, welche durch ihren steten Wassergehalt die Existenz der Nadel in anhaltend trockner Luft ermöglicht. Trotzdem darf natürlich eine gewisse Grenze nicht überschritten werden, und als Windbeschädigung gibt ZANG[1]) ein Vergilben und Vertrocknen der Nadelspitzen an.

Sicherlich erhöhen bei den Coniferennadeln die starke Wachsglasur der Epidermis und die sclerenchymatische, subepidermale Zellreihe ähnlich wie bei Kakteen, sukkulenten Euphorbiaceen und Crassulaceen die Widerstandskraft gegen den Windeinfluſs. Für die Kapflora betont GERHARD[2]) als weitere Schutzmittel die Reduktion der Intercellularen und Einsenkung der Spaltöffnungen. Als eine mechanische Wirkung des Windes, die sich trotz der Bodenfeuchtigkeit zeigt, hebt der Verfasser die Ausbildung von sclerotischen Hypodermfasern und die Verstärkung der Blattränder durch Collenchym oder Bastbündel hervor.

Für die Erklärung des Säbelwuchses und anderer durch Wind bedingten Baumformen sind die sehr interessanten Untersuchungsergebnisse von G. KRAUS[3]) von Wichtigkeit. Schüttelt man nämlich einen frischen, wachsenden Sproſs einer krautartigen oder holzigen Pflanze, so daſs er sich schlieſslich bogenförmig mit überhängender Spitze krümmt, dann ist sofort die Konzentration des Zellsaftes auf der konkaven und konvexen Seite nicht mehr gleich; der Saft auf der konvexen Seite ist konzentrierter geworden. Die höhere Saftkonzentration der konvexen Seite ist mit einem wesentlich höheren Zuckergehalt verknüpft. Dieser Zucker ist eine Neubildung im Momente der Erschütterung. Die bemerkenswerte Eigentümlichkeit bezieht sich nun nicht bloſs auf die Achsenorgane allein, sondern auch die halbwüchsigen und ausgewachsenen Blattstiele zeigen das gleiche Verhalten. Die Zuckerbildung ist übrigens nicht an die Krümmung gebunden, sondern von der Bewegung an sich abhängig, und mit der Zuckerbildung geht häufig ein Verschwinden der freien Säure Hand in Hand. Daſs Erschütterungen die Transpirationsgröſse vermehren, beobachtete FERRUZA[4]) an Palmen und Sukkulenten, nachdem schon früher WIESNER[5]) und EBERDT[6]) gezeigt hatten, daſs der Wind eine Transpirationsbeschleunigung veranlaſst. Daſs selbst sehr geringe Erschütterungen schon die Verdunstungsgröſse steigern, wurde von KOHL[7]) und BARANETZKY[8]) gefunden. Betreffs der weiteren Literatur sei auf BURGERSTEIN verwiesen[9]).

Da man nun aus der örtlichen Verteilung des Zuckers in den Geweben schlieſsen kann, daſs er in dem Stoffwechselprozesse des Pflanzen-

---

[1]) ZANG, W., Die Anatomie der Kiefernadel usw. Dissertation. Gieſsen 1904.

[2]) GERHARD, G., Beiträge zur Blattanatomie usw. Dissertation, Basel; cit. Bot. Jahresber. 1902, II, S. 293.

[3]) KRAUS, G., Über die Wasserverteilung in der Pflanze, II. Der Zellsaft und seine Inhalte. Sep.-Abdr. aus d. Abhandl. d. Naturf.-Ges. zu Halle, Bd. XV; cit. Bot. Zeit. 1881, S. 389.

[4]) FERRUZZA, G., Sulla traspirazione di alcune palmi etc.; cit. Bot. Jahresber. 1899, II, S. 124.

[5]) WIESNER, JUL., Grundversuche über den Einfluſs der Luftbewegungen auf die Transpiration der Pflanzen. K. K. Akad. d. Wissensch., Wien, 1887, Bd. XCVI.

[6]) EBERDT, O., Transpiration der Pflanzen und ihre Abhängigkeit von äuſseren Bedingungen. Marburg 1889, S. 82.

[7]) KOHL, F. G., Die Transpiration der Pflanzen. Braunschweig 1886.

[8]) BARANETZKY, Über den Einfluſs einiger Bedingungen auf die Transpiration der Pflanzen. Bot. Zeit. 1872.

[9]) BURGERSTEIN, Transpiration der Pflanzen. 1904.

leibes eine (wenn auch nicht unmittelbare) Vorstufe der Cellulosebildung ist, so wird man sich sagen müssen, daſs mit der Erhöhung der Zuckerbildung im windbewegten Pflanzenteil die Cellulosebildung und Zellwandausbildung beschleunigt werden. Es ist verhältnismäſsig selten, daſs Pflanzenteile auf der Zuckerbildungsstufe in ihrer Entwicklung stehen bleiben; viel häufiger ist der Prozeſs, namentlich am wachsenden Sproſs, daſs der Zucker in dem Maſse verschwindet, als die Zellen dickwandiger werden. Wir werden also in der Deutung kaum fehlgehen, daſs die Krümmungen durch den Wind schneller insofern fixiert werden, als die konvexe Seite der Krümmung leichter Zucker und Cellulose bildet und mit ihrem Wachstum schneller fertig wird, als bei einem nicht vom Winde bewegten Achsenteil. Bedenken wir, daſs für Licht- und Wärmewirkung sich die Biegungsstelle günstiger stellt, so ist das frühere Abschlieſsen der Zellstreckungsperiode eigentlich selbstverständlich. Der Zweig erhärtet früher und wird nicht so lang; daher also der gedrungene Bau auf der Windseite und die schlanke bis peitschenförmige Zweigbildung der windgeschützten Seite.

Daſs Saatbeete und junge Pflanzungen bei leichten Bodenarten bisweilen verweht werden können, daſs flache Ackerkrumen durch plötzliche unvorsichtige Entfernung schützender Waldstreifen manchmal abgeweht und unfruchtbar werden, und daſs man gegen alle die verschiedenen Windbeschädigungen am besten durch den Verhältnissen angepaſste Schutzpflanzungen vorbauen wird, bedarf keiner eingehenderen Besprechung.

Wir kommen nunmehr zu den Blattbeschädigungen, die durch Wind hervorgerufen werden. Daſs dort, wo der Wind sich häufig zum Sturm steigert, Blätter zerfetzt werden oder teilweise vertrocknen und dürr an den Zweigen hängen bleiben, ist eine, namentlich in Küstengegenden so häufige Erscheinung, daſs hier nicht darauf einzugehen ist. Ebensowenig brauchen die Verletzungen weiter berührt zu werden, die bei der Reibung der vorstehenden Blattkanten[1]) an sich eben entfaltenden Blättern entstehen. Besonders häufig sind derartig durchgeriebene Stellen bei den gefaltet aufbrechenden Blättern der Roſskastanie und Buche zu finden. Auch jugendliche Zweige leiden durch Reibung, wie man dies bei jungen Trieben von Birnen und Trauerweiden (*Salix babylonica*), nach Sturmtagen im Sommer beobachten kann. Hierher gehört ferner das Peitschen der Hopfenranken, wodurch die Hopfenkätzchen bisweilen notreif und rot werden[2]). Wichtiger, und bisher wenig beachtet, sind die dürren Blattränder. Man muſs dabei, weil viele Ursachen Blattranddürre hervorzurufen vermögen, unterscheiden, ob der vertrocknete und verfärbte Rand nur eine zusammenhängende oder auch stellenweis unterbrochene Saumlinie bildet oder ob noch von der abgestorbenen Randpartie dürre, verfärbte Stellen (häufig keilförmig zwischen den Hauptnerven) in die Blattfläche hinein sich fortsetzen.

Nur die trockne, sich bräunende oder schwärzende Saumlinie ist als reine Windbeschädigung aufzufassen, wie Hansen experimentell

---

[1]) Caspary, Bot. Zeit. 1869, Sp. 201. — Magnus, Verh. d. Bot. Ver. f. d. Prov. Brandenburg. XVIII, S. IX.

[2]) Beobachtungen über die Kultur des Hopfens. 1880. Herausgeg. v. Deutsch. Hopfenbauverein.

festgestellt hat[1]). Dieser Forscher hat sich einen eignen Apparat zur Erzeugung von Wind konstruiert[2]), um die bei den im Freien auftretenden Windbeschädigungen mitwirkenden Nebenfaktoren (Licht und Wärmeüberschuſs, Trockenheit) auszuschalten.

Aus den Versuchen ergab sich zunächst als Resultat, daſs das Vorbeiströmen der Luft für die Austrocknungserscheinungen die günstigste Bedingung ist. Bloſser Stoſs des Windes auf eine an fester Wand wachsende Pflanze ist häufig unschädlicher, unter Umständen sogar wirkungslos, weil die Wand den Windstrom sofort zurückwirft.

Bei den mit dem Apparat durchgeführten Versuchen kam eine Tag und Nacht anhaltende Windstärke zwischen 1 und 2 der Beaufortschen Skala zur Anwendung. Die in Töpfen stehenden Tabakpflanzen zeigten an einzelnen Blättern bereits nach 24 Stunden leichte Bräunungen der Ränder, während der übrige Teil der Blattspreite völlig gesund blieb und keine Spur von Welken erkennen lieſs. Durchschnittlich litten die ausgebildeten Blätter eher als die jüngsten. Stets begann die Vertrocknung der Gewebe in der Nähe der dünnsten Randnerven. Das Mesophyll collabierte, wurde aber nicht lufthaltig, sondern sah vielmehr durchsichtig „wie injiziert" aus. Der Zellinhalt war deformiert; die Chlorophyllkörner waren nicht mehr deutlich zu erkennen. In manchen Zellen zeigte das Protoplasma schwach bräunliche Körnchen. Die Leitbündel erwiesen sich stark gebräunt. Die Grenze zwischen vertrocknetem und gesundem Gewebe war scharf und die Gefäſsbündel unverfärbt. Hansen erklärt sich das Zustandekommen der Beschädigung in der Weise, „daſs die dünnen Gefäſsbündel durch den Luftstrom zuerst ihres Wassers beraubt und dadurch so verändert werden, daſs sie das Wasser nicht mehr leiten. Dadurch vertrocknet an dieser Stelle das Mesophyll". Dies wäre also der sekundäre und das Absterben des Leitungsstranges der primäre Vorgang, während man bis jetzt wohl meist das Vertrocknen des Randparenchyms als direkte Wirkung aufgefaſst hat. Demgegenüber sagt Hansen: „Wollte man annehmen, der Wind griffe das Mesophyll direkt an, dann wäre nicht zu verstehen, warum der Vertrocknungsprozeſs nicht auch mitten auf der Lamina beginnen sollte".

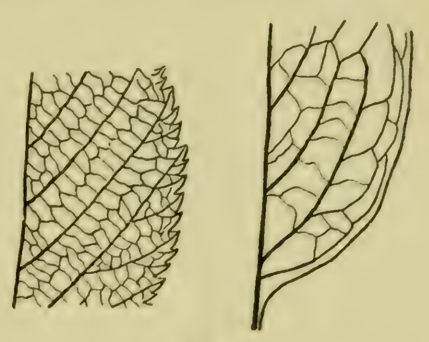


Fig. 96.
Craspedodrome Nervatur. Camptodrome Nervatur.
(Nach Bruck).

In derselben Anschauungsweise bewegt sich die Arbeit von Bruck[3]) welcher beobachtet hat, daſs im allgemeinen nur diejenigen Blätter die Randbeschädigungen erleiden, „deren Sekundärnerven bis zum Rande verlaufen, sogenannte craspedodrome oder cheilodrome (randläufige) Blätter" (Fig. 96). Diejenigen Blätter von Gehölzen derselben Gegend, welche die Beschädigung nicht zeigten, hatten „mehr oder weniger

---

[1]) Hansen, A., Experimentelle Untersuchungen über die Beschädigung der Blätter durch Wind. Flora oder Allgem. Bot. Zeit. 1904, Bd 93. Heft 1.

[2]) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1904, Bd. XXII, Heft 7, S. 371.

[3]) Bruck, W. F., Zur Frage der Windbeschädigungen an Blättern. Beihefte z. Bot. Centralbl. Bd. XX, Abt. 2, Sep.

camptodrome, resp. brochidodrome Nervatur; sie verlaufen bogenläufig oder schlingläufig, ohne im Blattrande zu endigen." In letzterer Anordnung der Nervatur erblickt BRUCK einen entschiedenen Schutz der Blätter vor Austrocknung durch Winde. Die Braunfärbung der Gefäfsbündel ist der durch Frost hervorgerufenen sehr ähnlich.

Nach den Studien, die ich über das Entstehen dürrer Saumlinien an Blättern infolge der Einwirkung saurer Gase gemacht habe, wäre der Vorgang des Sterbens dabei ein anderer. Bei Einwirkung der Rauchgase wird das Gewebe nicht vorher durchsichtig, und es färben sich die Wandungen der Bastelemente gelb bis braun; der Zellinhalt trocknet als nahezu gleichmäfsige Substanz in seiner Gesamtheit zusammen. Die Gefäfsbündel der Randzone sind auch alteriert, aber ich erkläre mir das frühere Absterben des Blattmesophylls an den Rändern dadurch, dafs selbst, wenn die feinen Gefäfsbündelendigungen noch Wasser in der normalen Menge zuführten, dies doch nicht genügte, den durch die Säurewirkung gesteigerten Wasserverlust zu decken. Ebenso dürfte es bei den trockenen Saumlinien der Windbeschädigung sein. Es kann sehr wohl die bei Wind gesteigerte Verdunstung des Mesophylls der primäre Vorgang sein. Am Blattrande ist der Wasserverlust darum relativ gröfser, weil im Verhältnis zur Gewebemasse die Oberfläche zu grofs ist und das wasserleitende System aus zu wenig Elementen besteht, also zu gering ist. An den Stellen, wo das Blatt dicker und die Nervatur stärker entwickelt ist, werden die Gewebe erstens mehr Wasser empfangen und zweitens mehr behalten, da hier dieselbe verdunstende Oberfläche wie am Blattrande viel mehr saftiges Parenchym hinter sich hat. Daher sehen wir die Gewebestreifen dicht an den stärkeren Blattnerven zuletzt sich verfärben und vertrocknen.

Nachdem man den Windbeschädigungen gröfsere Aufmerksamkeit zuwendet, erheben sich auch Stimmen, welche eine Anzahl auffälliger, bisher nicht genügend aufgeklärter Erscheinungen als Windschaden bezeichnen. So führt beispielsweise LÜSTNER[1]) die sogenannte Mombacher Aprikosenkrankheit auf den Einflufs des Windes zurück. Die in Mombach bei Mainz endemische Krankheit äufsert sich darin, dafs die Blätter der Aprikosenbäume von der Spitze oder dem Rande her vertrocknen und abfallen. Bisweilen wird der allein vertrocknete Blattrand abgestofsen und der Rest des Blattes bleibt am Baume. BRUCK[2]) fafst die Krankheit als Folge von Sonnenbrand auf.

Bei Gartenkulturen ist oft der Schutz gegen die rauhen Frühjahrswinde notwendiger als gegen Frost. Beispielsweise beobachtete man im April 1905, dafs junge Rhabarberblätter, die den Frost vertragen, wenn sie unberührt langsam auftauen, sich stark beschädigt zeigten, soweit die gefrorenen Blätter vom Winde getroffen worden waren. Ebenso wurden junge Rosentriebe nur dort verletzt, wo der Wind sie hatte fassen können. Während in windstillen Lagen junge Gemüse und Blumenpflanzen tadellos standen, waren sie dort verdorben, wo der Wind freien Zutritt gehabt[3]). Aufser der Steigerung der Verdunstungsgröfse spricht hier sicherlich die gegenseitige mechanische Reibung der noch zarten Organe ausschlaggebend mit.

---

[1]) LÜSTNER, Beobachtungen über die sogen. Mombacher Aprikosenkrankheit. Ber. d. Kgl. Lehranstalt zu Geisenheim am Rhein. Berlin 1904, S. 222. Paul Parey.
[2]) BRUCK a. a. O. S. 74.
[3]) BÖTTNER, JOH., Rauhe Winde. Prakt. Ratgeber im Obst- und Gartenbau 1905, Nr. 8.

Als bedeutender Schädiger wirkt ferner der Wind durch Abwehen der Schneedecken. Saaten der verschiedensten Art erhalten sich in Furchen auf der dem Winde abgekehrten Seite, selbst bei minimaler Schneebedeckung, während sie auf der Windseite zugrunde gehen.

Zur Milderung der Windschäden kann nur eine richtig aufgebaute Schutzpflanzung dienen. Unter dem richtigen Aufbau meinen wir erstens die Nachahmung des Systems, das die Natur an den Strandgebieten selbst befolgt, und zweitens die richtige Auswahl der Gehölze.

Das natürliche System besteht darin, dafs bei Hecken die niedrigst bleibenden Gesträuche nach der Windseite hin gepflanzt werden; sie kümmern oder sterben zwar auch in ihrem Zweigwerk auf der Angriffsseite ab; aber diese dürren Äste brechen dann schon die Gewalt des Windes und lassen die abgewendete Seite zur Entwicklung kommen. Wenn nun dahinter höhere Sträucher gepflanzt werden, so bleiben dieselben schon so lange geschützt, als die Höhe der ersten Vorpflanzung reicht. Kommen sie darüber hinaus, wird ihr Wachstum kümmerlich und einseitig, aber immerhin erheben sie sich etwas höher und gewähren einer dahinter gepflanzten Baumart wiederum Schutz, bis hohe Bäume endlich zur Entwicklung kommen können.

Dort, wo Versandung mit in Betracht gezogen werden mufs, empfiehlt H. NEUER[1]) vor allen *Populus alba* und *nigra* und Arten von *Salix*. Als Zwischenpflanzen gedeihen noch *Ailanthus glandulosa* und *Rhus Cotinus*. Von Sträuchern sind besonders *Ligustrum vulgare*, *Cotoneaster buxifolia*, *Spiraea opulifolia*, *Tamarix* und *Ribes sanguineum* zu empfehlen. Von Zierpflanzen verwende man in erster Linie Pelargonien, Chrysanthemen und Levkoyen.

Zehntes Kapitel.

Elektrische Entladungen.

Blitzschläge.

Trotz zahlreicher Beschreibungen von Zerstörungen der Pflanzenwelt durch Blitzschläge sind wir zu einer genauen Kenntnis über die Wirkungsweise des Blitzes noch nicht gelangt. Wir werden, wie bei den Frostbeschädigungen, mit denen die vom Blitz hervorgerufenen Verletzungen vielfach Ähnlichkeit zeigen, eine mechanische und eine chemische Wirkung auseinander zu halten haben, und bei dem Blitzschlag dürfte die mechanische Wirkung die weitaus vorherrschende sein. COHN[2]), dem wir eine Zusammenstellung von 41 Blitzschlägen und reiche Literaturangaben verdanken, ist der Meinung, dafs, wenn der Blitz in einen Baum gelangt ist, der Hauptstrom der Elektrizität nach Durchbrechung der Rinde in der gut leitenden Cambialschicht weitergeht; die „hierdurch sich entwickelnde Erwärmung verdampft augenblicklich die in den Cambiumzellen enthaltene Flüssigkeit ganz oder zum Teil; der gespannte Dampf wirft die Rinde mit der

[1]) NEUER, H., Neue Erfahrungen über Anlagen und Pflanzungen an der Nordseeküste. Die Gartenwelt 1904, Nr. 49.

[2]) COHN, Ein interessanter Blitzschlag. Verh. d. Kais. Leop. Carol. Akad. d. Naturf. Vol. XXVI, P. I. — Über die Einwirkung des Blitzes auf Bäume. Denkschrift d. Schles. Ges. f. vat. Kultur 1853, S. 267 ff.

daran hängenden Bastschicht ganz oder in einzelnen Fetzen oder Streifen ab". Die Bruchstücke findet man häufig auf große Entfernungen hin fortgeschleudert. Neben diesem Hauptstrome wäre ein Nebenstrom durch den schlechter leitenden Holzkörper die Veranlassung der Holzspaltungen, die an den Orten der geringsten Festigkeit und zwar infolge einer plötzlichen Austrocknung durch Verdunstung des Saftes entstehen. Somit wären nach der COHN'schen Anschauung weder Holzspalt noch der abgelöste Rindenstreifen als Zeichen für die Bahn des Blitzes anzusehen, sondern lediglich als die Region der geringsten Widerstände zu deuten. Ich möchte dagegen mit CASPARY glauben, daſs der Schmetterstreifen die tatsächliche Blitzspur ist.

Die Vermutung von COHN, daſs eine starke, plötzliche Dampfbildung durch Verdunstung der vom Blitz getroffenen Gewebe das explosive Fortschleudern der Rinden- und Holzsplitter veranlasse, war ihm durch mancherlei Erscheinungen nahe gelegt worden. Zunächst findet man wirklich stark ausgetrocknete Splitter; sie gelangen nur darum wohl selten zur Beobachtung, weil die Gewitter in der Regel von Regengüssen begleitet sind, die die ausgetrockneten Späne sofort wieder nässen. Auch die Erscheinung, daſs Bäume durch den Blitz entzündet werden, spricht für die austrocknende Wirkung desselben. Es muſs hierbei jedoch gleich bemerkt werden, daſs bisher kein Fall mit Sicherheit konstatiert worden ist[1]), in welchem durchaus gesunde Bäume in Brand geraten wären; vielmehr zeigen die meisten Beobachtungen, daſs eine Entzündung nur bei kernfaulen Stämmen zustande gekommen ist.

Für die Art und Weise der Blitzbeschädigung ist neben der Intensität des Strahles jedenfalls die Individualität des Baumes von groſsem Einfluſs. Man findet, daſs die einzelnen Baumarten vielfach übereinstimmende Verletzungen zeigen, und daſs gewisse Arten ganz besonders, andere sehr selten dem Blitzschlag ausgesetzt sind.

Betreffs der Charakteristik der Verletzungen läßt sich zunächst angeben, daſs zwar die Mehrzahl der Fälle eine Bloſslegung des Holzkörpers durch abgesprengte Rinde zeigt, daß aber bei gut leitenden Arten und jungen Exemplaren Blitzschläge vorkommen, die gar keine sichtbare Verletzung hinterlassen. Bei den Pyramidenpappeln schlägt der Blitz in der Regel nicht in die Spitze, sondern tiefer abwärts am Stamm ein, so daſs der gröſste Teil der Krone unverletzt bleibt, und geht in einem graden oder nur wenig spiralig gewundenen Schmetterstreifen stammabwärts. Holz- und Rindensplitter werden abgesprengt; an den Rändern des Schmetterstreifens ist die Rinde vom Holze abgehoben, die Ränder selbst sind unverfärbt. Bei den Eichen dagegen wird öfter der Wipfel getroffen, und es werden häufig aus der Krone starke Äste getötet und abgeschlagen. Der Schmetterstreifen zeigt meist stark spiralige Drehung[2]) am Stamme, dessen Holzkörper eine mehr rinnenartig ausgehöhlte Blitzspur zeigt, während bei der Pappel scharfkantige Spalten den Verlauf des Strahles andeuten. Namentlich bei Eichen erzeugt der Blitzschlag neben radialen auch viele tangentiale Zerklüftungen in der Richtung des Jahresringes. Jedenfalls hängt die Richtung und Gestalt des Schmetterstreifens vom Holzbau ab. Je

[1]) CASPARY, Mitteilungen über vom Blitz getroffene Bäume und Telegraphenstangen. Schriften d. phys. ökonom. Ges. zu Königsberg 1871; cit. Bot. Z. 1873, S. 410. BEYER, Blitzschlag. Verh. d. bot. V. d. Prov. Brandenb., 28. Jan. 1876.

[2]) BUCHENAU, Abhandl. d. naturwiss. Ver. zu Bremen, Bd. VI. — Schriften d. Leopold. Akad. d. Naturf., Bd. XXXIII, 1867.

spiraliger der Verlauf der Holzfaser, desto mehr dreht sich auch der Streifen, was sich daraus erklärt, daſs der Blitzstrahl dem Wege der besten Leitung folgt. Bei der nebenstehenden, von F. BUCHENAU beobachteten,



Fig. 97. Vom Blitz getroffene 23 m hohe Eiche.
a Ansatzstelle des herabgeschmetterten Astes; *b*, *c*, *d* an ihrer Basis verletzte, später vertrocknete Äste; *e* unverletzt gebliebener Ast; *II* und *III* herabhängende Holzfetzen; *x* und *y* im Splint beschädigte Ästchen. (Nach NOBBE.)

von NOBBE [1]) wiedergegebenen Eiche (Fig. 97) zeigt sich der spiralige Verlauf des Schmetterstreifens besonders schön. Bei CASPARY's Versuchen über die Wirkung des Entladungsfunkens einer mit 50 Um-

[1]) DÖBNER-NOBBE, Botanik f. Forstmänner. 4. Aufl. Berlin, P. Parey, 1882, S. 34.

drehungen geladenen Leidener Flasche bestätigt sich die von VILLARI gefundene Tatsache, daſs der elektrische Funke im Holz in longitudinaler Richtung eine viel längere Strecke durchschlägt als in transversaler. Auſserdem zeigt sich, daſs das Holz in tangentialer Richtung dem Funken gröſseren Widerstand leistet als in radialer. Das Verhältnis der Schlagweite in longitudinaler, radialer und tangentialer Richtung betrug nach CASPARY bei frischem Lindenholz 19 : 2 : 1, bei trocknem Fichtenholz 7 : 2 : 1. Immer zerriſs das Gewebe in der Bahn des Funkens und wurde eine weitgehende Zerstörung des Zellinhaltes infolge der Hitze wahrgenommen.

Diese Folge des Blitzschlages dürfte überall nachweisbar sein, und in den Fällen, in denen äuſserlich keine Verletzung erkennbar, dürften doch eng begrenzte, leicht übersehbare Eintrittsstellen des Blitzstrahls niemals fehlen. COLLADON[1]) beobachtete auch z. B. bei einer Pappel und Fichte auf den von der Rinde entblöſsten Flächen besonders charakteristische, kreisrunde Stellen, die infolge sehr starker lokaler Austrocknung des jungen Holzes entstanden zu sein schienen und durch konzentrische, dunkelgelbe und braune Ringe gefärbt waren. Es sind auch noch eine Anzahl anderer Fälle bekannt geworden, in denen kreisrunde, kleine Flecke auf Eintritt- oder Austrittstellen des Blitzstrahls hindeuten.

Besonders anschauliche Abbildungen der verschiedenen Arten der Blitzbeschädigungen gibt R. HARTIG in seinem Lehrbuche[2]). Er führt die Verschiedenartigkeit der Blitzspuren auf die ungleiche Leitungsfähigkeit der Gewebe und auf den Grad der vorhandenen Befeuchtung derselben zurück. Wenn ein Baum beregnet ist, „dringen schwache Blitze gar nicht in dessen Inneres ein, sondern reiſsen nur Borkenschuppen, Flechten und trockene Äste ab. Bäume, die eine ganz zarte Korkhaut haben, wie z. B. die Weiſstanne, lassen nur in den äuſseren Rindengeweben zum Teil höchst merkwürdige Blitzspuren erkennen. Es werden oft nur k l e i n e, r u n d l i c h e, isolierte oder in Zickzacklinien verbundene R i n d e n s t e l l e n getötet, die sich später, oft nach vorgängiger Korkbildung, von der lebenden Rinde des Baumes loslösen.“ Bei Bäumen mit starker Borke muſs der Blitz erst diese schlecht leitende Hülle durchschlagen, um in die gut leitende Rinde zu gelangen; als besonders gut leitend sieht HARTIG die äußere Rindenschicht an, die „arm an Fett ist“, während das protoplasmareiche, in der Regel viel Fett enthaltende Gewebe der jüngsten Rindenlagen, wegen seines Fettgehaltes sehr schlecht leitet und oft vom Blitz ganz verschont bleibt. Das beste Leitungsgewebe ist das nur noch schwachen Plasmabelag zeigende Jungholz, das auch gegen Frostbeschädigung sehr empfindlich sich erweist. Wenn (bei kräftigen Entladungen) der Cambiummantel mit geschädigt wird, erfolgt eine „innere Überwallung“.

Die Anschauung von der Beeinflussung der Leitungsfähigkeit der Gewebe durch ihren Fettgehalt stützt sich auf die Arbeiten von JONESCU[3]). Dieser fand, daſs der elektrische Funke durch frisches Holz

[1]) COLLADON, Die Wirkung des Blitzes auf Bäume; cit. Biedermanns Centbl. 1873, S. 153. Bot. Z. 1873, S. 686.

[2]) R. HARTIG, Lehrbuch d. Pflanzenkrankheiten. III. Aufl. 1900. Berlin, J. Springer.

[3]) JONESCU, DIMITRIE, Über die Ursachen der Blitzschläge in Bäumen. Jahresb. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg. 1892. Schweizerbartsche Verl. — Weitere Untersuchungen über die Blitzschläge in Bäumen. Ber. d. Deutschen Bot. G. 1894, S. 129.

um so schlechter durchschlug, je reicher dasselbe an fettem Öl war. Die Unterschiede z. B., die sich auf gleichem Standort zwischen der selten vom Blitz getroffenen Buche und der äufserst häufig heimgesuchten Eiche ergaben, erklärte der mikroskopische Befund: die Holzzellen der ersteren waren mit Öl versehen, die bei der Eiche nahezu ölfrei. Andere „Fettbäume" (bei denen sich im Winter und Frühjahr die gesamte Stärke in Öl verwandelt), wie z. B. *Juglans regia*,



Fig. 98. Querschnitt durch eine Fichte mit zahlreichen überwallten Blitzwunden. (Nach R. Hartig.)

Tilia parvifolia, *Betula*, *Pinus* erwiesen sich auch als schlechte Leiter gegenüber den Stärkebäumen (*Acer*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Ulmus*, *Crataegus* usw.). Wurde aus Fettbäumen das Öl mit Äther ausgezogen, so durchschlug der Funke die frischen Holzstücke ebenso leicht als bei typischen Stärkebäumen. Man darf bei der Beurteilung dieser Verhältnisse aber nicht vergessen, dafs der Ölgehalt bei den einzelnen Baumarten je nach der Jahreszeit sich ändert; daraus ergibt sich, dafs auch die elektrische Leitungsfähigkeit wechselt. Bei gleichgrofsen

Stammstücken von *Tilia parvifolia* fand Jonescu, daß im Februar, wo Holz und Rinde ölreich sind, eine viel höhere elektrische Spannung nötig war, als Ende März, wo das junge Holz mit Stärke und Glykose angefüllt sich zeigte. Umgekehrt war es bei der Buche, die im Januar bis April stärkereich, im Mai dagegen ölreich sich erwies, ebenso wie Kiefer, Rottanne, Hainbuche und Stieleiche. Die Kiefer wird bei unsern Sommergewittern ziemlich oft getroffen; sie enthält zu dieser Zeit in Holz, Rinde und Mark Glykose, in den Markstrahlen Stärke. Aber im Winter besitzt der Baum viel fein zerteiltes Öl, und es zeigt sich, daſs in Ländern mit Wintergewittern (Irland, Norwegen) der Blitz fast nie in Kiefern einschlägt. Diese Differenzen in der Zusammensetzung des Zellinhaltes aber treten in den Hintergrund, wenn der Standort eine hohe elektrische Spannung veranlaſst, wie z. B. wenn ein Baum auf undurchlässiger Bodenschicht steht, wo sich Wasser angesammelt hat, oder an Fluſsufern, Teichen usw.

Dem Wassergehalt des Holzes ist nur wenig Bedeutung für die Häufigkeit der Blitzschläge beizumessen.

Der elektrische Funke sucht bei hoher Spannung sich den kürzesten Weg und schlägt dann auch durch schlechtere Leiter.

Manchmal wird ein Baum im Laufe der Jahre wiederholt vom Blitz getroffen, und es kommen dann Fälle vor, daſs ein Stamm auf der ganzen Auſsenseite ringsherum kleine, rundliche oder längliche Blitzspuren zeigt, so daſs man Hagelschlag vermuten könnte. Hartig (a. a. O. S. 241) meint aber, daſs die charakteristische Gestalt der Blitzgewebe im Jungholz jeden Zweifel heben kann. Ein solches Bild wiederholt erfolgter und geheilter Blitzwunden zeigt die umstehende Fig. 98. Eine ähnliche Stammbeschaffenheit könnte auch auf Frostwunden hindeuten; nur fehlen hier die vorspringenden Frostleisten. Sonst zeigen aber auch die anatomischen Gewebeveränderungen, die bei der Heilung von Blitzwunden im Splinte sich einstellen, eine äuſserst groſse Ähnlichkeit mit jener Parenchymholzbildung, welche nach Frostbeschädigung sich einzustellen pflegt. Indem wir bei letzterer näher darauf eingehen werden, geben wir hier nur für späteren Vergleich die Kopie einer von R. Hartig gezeichneten geheilten Blitzwunde, welche v. Tubeuf neuerdings reproduziert hat[1]). Wir erblicken in der untersten derbwandigen Tracheïdenschicht (Fig. 99) den Abschluſs des vorjährigen Jahresringes. Der neue Jahresring hat mit der Bildung dünnwandiger Elemente begonnen und ist zurzeit, als die zehnten bis zwölften Sommertracheïden angelegt worden waren, vom Blitzstrahl getroffen worden. Die Wirkung desselben bestand darin, daſs die jüngsten Holzelemente, wie durch eine tangentiale Zerrung, schief verschoben, zusammengedrückt und zum Teil getötet worden sind, während die lebensfähig gebliebene Zelllage sich zu Parenchymholz ausgebildet hat und erst allmählich wieder in kleinzelliges normales Holz übergegangen ist.

Dieselben Vorgänge zeigen die verheilten Frostwunden; nur findet sich in der Regel die abnorme Parenchymholzlage näher am alten Jahresring. Dieser Unterschied ist erklärlich, da die Störung durch die Spätfröste schon zu einer Zeit aufzutreten pflegt, in welcher die Bäume noch wenig neues Holz gebildet haben, während die Blitzbeschädigungen erst später im Jahre durch die Sommergewitter entstehen.

---

[1]) v. Tubeuf, Über sogenannte Blitzlöcher im Walde. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. 1906, S. 349.

R. HARTIG betrachtet das Zustandekommen des zusammengefallenen Gewebestreifens nicht als direkte Folge der Blitzwirkung; denn er sagt[1]): „Wenn der Blitz seinen Weg im Jungholz ganz oder teilweise genommen, so erkennt man dies daran, dafs die Zellen unverholzt bleiben und durch die später entstehenden Gewebsbildungen zusammengedrückt werden". Er macht sodann, wie auch BELING[2]), Angaben über das Absterben ganzer Baumgruppen und fand[3]), dafs an den vom Blitzstrahl getroffenen Kiefern und an zahlreichen Nachbarstämmen der Bastkörper getötet erschien. Derselbe Beobachter erwähnt auch einen Fall, bei welchem in einem gemischten Fichten- und Eichenforste mit vorwüchsigen Fichten nur die unterdrückten (12) Eichen Blitzschläge er-

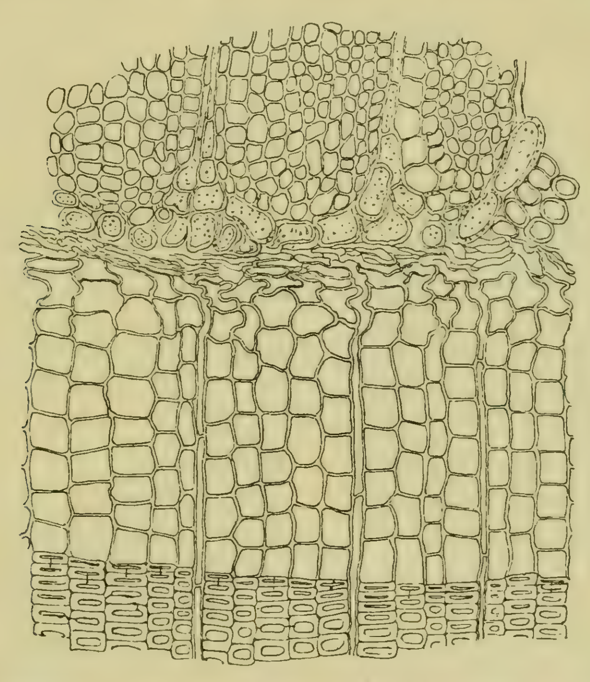


Fig. 99. Querschnitt durch den Jahresring des Blitzjahres bei einer Fichte. Die zerknitterte Zellschicht zeigt die Blitzwirkung. (Nach v. TUBEUF.)

kennen liefsen, während die Fichten völlig verschont geblieben waren. Dafs in gemischten Beständen die Eichen besonders häufig vom Blitze leiden, ist öfter ausgesprochen worden; ebenso dafs auch andere, nicht etwa durch ihre Höhe ausgezeichnete Bäume und Gebäude in gewissen Lokalitäten dem Blitzstrahl vorzugsweise zum Opfer fallen[4]).

Das horstweise Absterben, von dem R. HARTIG hervorhebt, daß er bei Kiefernbeständen im Laufe von fünf Jahren ein radiales Fortschreiten der Erscheinung beobachtet habe, ist neuerdings von v. TUBEUF studiert

[1]) R. HARTIG, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. III. Aufl. 1900, S. 242.
[2]) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, Nov. 1873.
[3]) Bot. Jahresbericht v. JUST, 1875, S. 956. — Lehrbuch d. Baumkrankh. 1882, S. 191.
[4]) Landwirt 1875, S. 400 u. 513. — Gard. Chronicle 1878, II, S. 667.

worden[1]). Er beschreibt einen Fall, in welchem nur eine Lärche sichtlich vom Blitz getroffen worden war und dennoch eine größere Anzahl der sie umgebenden Kiefern und Fichten abzusterben begann. Die Lärche zeigte einen am Stamm herablaufenden, unterbrochenen Schmetterstreifen, die Krone blieb grün. Die Bäume der Umgebung wiesen keine örtlichen Verletzungen auf, waren aber in einem Halbkreis von 25 m abgestorben. Derartige Fälle sind vielfach bekannt geworden. In einer früheren Veröffentlichung[2]) spricht v. Tubeuf die Vermutung aus, daß ein solches Absterben großer Baumgruppen durch „Streublitze" veranlaßt werde, also durch Zerstreuung des Blitzes in eine Anzahl Strahlenbüschel, während Ebermayer[3]) die Erscheinung auf das Zustandekommen eines inneren Blitzschlages durch plötzliche Vereinigung getrennt gewesener Elektrizitäten zurückführt. Die Gewitterwolke trennt durch Influenz die entgegengesetzten Elektrizitäten im Baume; die ungleichnamige zieht in den oberen Teil, während die andere (gleichnamige) in die unteren Teile hinabdringt. „Sobald nun der Blitz einschlägt, fällt die Ursache der Scheidung beider Elektrizitäten innerhalb der in der Nähe befindlichen Körper weg, und es verbinden sich diese in demselben Augenblick plötzlich wieder miteinander". Auf Grund seiner künstlichen Blitzversuche vermag v. Tubeuf sich dieser Ansicht nicht anzuschließen. Bei der Untersuchung von Bäumen aus Blitzlöchern fand er doch an einem oder dem anderen Stamme „grobe Blitzverletzungen", und da andere Ursachen des Absterbens (tierische und pilzliche Feinde) ausgeschlossen sich erwiesen, kam er eben zu der Anschauung, daß „Streublitze" existieren müssen. Eine Zweiteilung des Blitzes wurde von dem Forstmeister Petzold im Forstamt Sachsenried beobachtet[4]).

Gipfeldürre der Nadelhölzer.

Im Jahre 1903 beschrieb v. Tubeuf[5]) unter Beifügung zahlreicher Abbildungen einen Fall von sehr ausgedehnter Wipfeldürre bei Nadelhölzern in Oberbayern. Die Beobachtung führte zu dem Schlusse, daß nur eine einmalig wirkende Ursache im Winter 1901/02 vorhanden gewesen sein kann, und daß sie in dem elektrischen Ausgleich bei Wintergewittern gesucht werden muß. Das charakteristische Merkmal ist die Art des Absterbens. In der oberen Region des Baumwipfels sind Rinde, Bast und Cambium tot, weiter abwärts nur Rindenteile außerhalb des Cambiums abgestorben, so daß dieses während des Sommers noch Bast und Jungholz bilden konnte. „Der weiße, weiche Bast ließ sich demnach leicht vom saftigen Holze ablösen wie an gesunden Bäumen. An den neugebildeten Bast schloß sich die tote Rindenzone, und außerhalb derselben war die grüne Rinde wieder lebend. In dieser grünen Rinde verliefen vielfach von Kork eingekapselte Streifen toten Gewebes. Noch weiter nach unten waren die

[1]) v. Tubeuf, Über sogenannte Blitzlöcher im Walde. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtsch. 1906, S. 344.

[2]) Absterben ganzer Baumgruppen durch den Blitz. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtsch. 1905, S. 493. Dort auch weitere Literaturangaben.

[3]) Ebermayer, Wald und Blitzgefahr. Naturwiss. Rundschau. 1889.

[4]) Beobachtungen über elektrische Erscheinungen im Walde. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtsch. 1905, S. 308.

[5]) v. Tubeuf, Die Gipfeldürre der Fichten. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtschaft. 1903, No. 1. Fortsetzung ibid. No. 7, 8.

getöteten Bast- und Rindenteile nicht mehr stammumfassende Bänder, sondern sie zerteilten sich in Streifen; endlich fanden sich nur noch tote Flecke, und einige Meter unter der Baumspitze verlor sich jedes Krankheitszeichen, der freie Stamm und die Wurzel waren vollkommen gesund." (Fig. 100.) In der beistehend abgebildeten Scheibe einer gipfeldürren Fichte ist die Rinde schliefslich blofs an einigen Stellen in zusammenhängenden Streifen von aufsen herein getötet. Sonst finden sich im Rindenmantel nur noch zerstreut kleinere Herde von gebräuntem Gewebe. Da dieselben mitten in der lebenden Rinde liegen, sind sie ringsum von einem weifsen Korkmantel eingekapselt. Der Bastring erscheint gebräunt, aber an einzelnen Stellen von gesundem Gewebe unterbrochen.

Die Übereinstimmung dieser Merkmale mit den von R. Hartig als „Blitzspuren" beschriebenen Veränderungen begründeten bei v. Tubeuf die Ansicht, dafs diese weitverbreitete, plötzlich an vielen Individuen aufgetretene Wipfeldürre eine Folge elektrischer Einwirkung sein müsse. Das Bedenkliche, auf das der Autor selbst aufmerksam machte, ist, dafs die Blitzschläge meist unterhalb der Krone einsetzen und den Stamm verletzen, aber die Krone unverletzt lassen; in anderen Fällen hat man wohl ganze Bäume absterben gesehen, aber niemals die Krone allein. Gegenüber den anderweitig erhobenen Einwendungen, dafs diese Wipfeldürre durch Borkenkäferfrafs oder Wicklerraupen (*Grapholitha pactolana*) veranlafst worden sei [1]), betont v. Tubeuf, dafs die Bäume die Krankheitsmerkmale auch ohne Borkenkäfer zeigen und diese, wohl angelockt durch den Terpentingeruch, erst sekundär auftreten. Einzelne Kiefern und Lärchen verhielten sich wie die Fichten. Das bei den blitzbeschädigten Fichten auftretende Ausstrahlen des Absterbens in Form brauner Rindenstreifen mit Korkumwallungen innerhalb der sonst grün und frisch bleibenden Rinde unterhalb des abgestorbenen Wipfels konnte v. Tubeuf weder an Bäumen finden (Fichten und Kiefern), die mechanisch abgebrochen, geknickt oder abgebissen, noch an solchen, die erfroren oder von einem Insekt getötet worden waren.



Fig. 100. Querschnitt durch eine gipfeldürre Fichte aus dem Forstamt Starnberg. (Nach v. Tubeuf.)

Weitere Untersuchungen [2]) ergaben die Identität der anatomischen Merkmale der wipfeldürren Fichten mit denen, welche bei Bäumen gefunden werden, an denen der Blitz äufsere Verletzungen hervorgerufen hat. Die Hauptstütze aber liegt in der Tatsache, dafs v. Tubeuf und

---

[1]) s. Möller in Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1904, Heft 8.

[2]) v. Tubeuf, Über den anatomisch-pathologischen Befund bei gipfeldürren Nadelhölzern. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtsch. 1903, No. 9, 10, 11.

Zehnder[1]) durch experimentell erzeugte Funkenströme imstande gewesen sind, sowohl die äufsere Erscheinung der Wipfeldürre als auch ganz die gleichen anatomisch-pathologischen Folgeerscheinungen, namentlich die toten „Rindenaugen", die von einem weifsen Korkmantel eingekapselt sind, am lebenden Stamme hervorzurufen. So lange also nicht nachgewiesen werden kann, dafs andere Ursachen dieselben Symptome erzeugen, wird man daran festzuhalten haben, dafs die beschriebene Art der Gipfeldürre eine Folge elektrischer Entladungen ist. Dieselben dürften an und für sich schwach sein.

Dagegen zeigten Laubhölzer (wie Herr v. Tubeuf mir vorläufig brieflich mitteilte), weder in der Natur noch bei seinen Versuchen jene weit in das gesunde Gewebe hinein ausstrahlenden Beschädigungen. Bei dem künstlichen Anblitzen starben sie oben nur bis zu einer bestimmten Stelle ab.

Zur Erleichterung der Vorstellung elektrischer Ausgleichungen erinnert v. Tubeuf an die Elmsfeuer[2]) und hat dieselben auch experimentell hervorgerufen. Er verweist dabei auf die früheren Versuche von Molisch[3]), der (angeregt durch die Beobachtungen von Linné's Tochter und Sohn über ein Blitzen der Blüten) ein Büschellicht, also eine leuchtende, aber stille elektrische Ausgleichung erzielte.

Bei den v. Tubeuf'schen Versuchen wurden Topfexemplare auf einen Wachsklotz gestellt und dadurch isoliert. Ihre Erde wurde durch einen Kupferdraht mit der einen Konduktorkugel einer Influenzmaschine verbunden, und an der Kugel des anderen Konduktors wurde ebenfalls ein Draht befestigt. Sobald die Influenzmaschine in Bewegung gesetzt wurde, lud sich der Blumentopf nebst der Pflanze mit Elektrizität. „Bringt man den anderen Draht in die Nähe der Pflanze, dann sieht man ein Ausströmen der positiven und der negativen Elektrizität, welche sich in den beiden Konduktorkugeln und demnach in den beiden Drähten getrennt hatten. Die positive Elektrizität strömt in Form eines Lichtbüschels aus, die negative erscheint wie kleine Lichtperlen an den Spitzen." Die Versuche mit Fichten und Kiefern ergaben, dafs an den negativ geladenen Pflanzen bei Annäherung des positiv geladenen Drahtes eine gröfsere Zahl von Nadelspitzen die Elektrizität in Form von Lichtperlen ausstrahlen liefs. Lädt man aber positiv, so strömt die Elektrizität aus den Nadelspitzen lichtlos aus.[4])

Bei zarten Pflanzen (Begonien) wurde beobachtet, dafs, wenn man den positiv geladenen Draht so hoch über die Pflanze hielt, dafs am Rande der Blüten kleine Lichtperlen sich zeigten, ohne dafs ein Funke übersprang, eine schädliche Wirkung sich nicht einstellte. Wurde diese Vorsicht nicht beobachtet, trat schon nach wenigen Minuten ein Welken der Blumenstiele und darunter befindlicher Sprofsteile ein; diese erschienen dunkelglasig wie nach Frostwirkung. Es ist aus diesen

---

[1]) v. Tubeuf u. Zehnder, Über die pathologische Wirkung künstlich erzeugter elektrischer Funkenströme auf Leben u. Gesundheit der Nadelhölzer. Sonderabdruck.

[2]) v. Tubeuf, Elmsfeuer-Versuche. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtsch 1905, Heft 5.

[3]) Molisch, Leuchtende Pflanzen. Jena 1904, G. Fischer.

[4]) Über die Unterschiede in der Wirkung der positiven und negativen Elektrizität. Vergl. Plowman, Elektrotropism of roots. Americ. Journ. Sc. 1904. cit. Bot. Centralbl. 1905, No. 40, S. 342.

Versuchen zu folgern, daſs stille elektrische Ausgleichungen (Büschellicht) eine direkte Beschädigung nicht hervorrufen, jedoch eine solche sich sofort geltend macht, wenn eine Funkenentladung eintritt.

Unterschied zwischen Blitz- und Frostwunden bei Nadelhölzern.

Bis jetzt fehlt den von v. Tubeuf veröffentlichten Ergebnissen seiner experimentellen Studien eine Abbildung des anatomischen Befundes jener Blitzspuren, die sich als augenförmige Flecke in der Rinde zeigen (s. Fig. 100). Obwohl wir in den am Anfang dieses Abschnittes erwähnten Arbeiten von Colladon und von R. Hartig ebenfalls Angaben

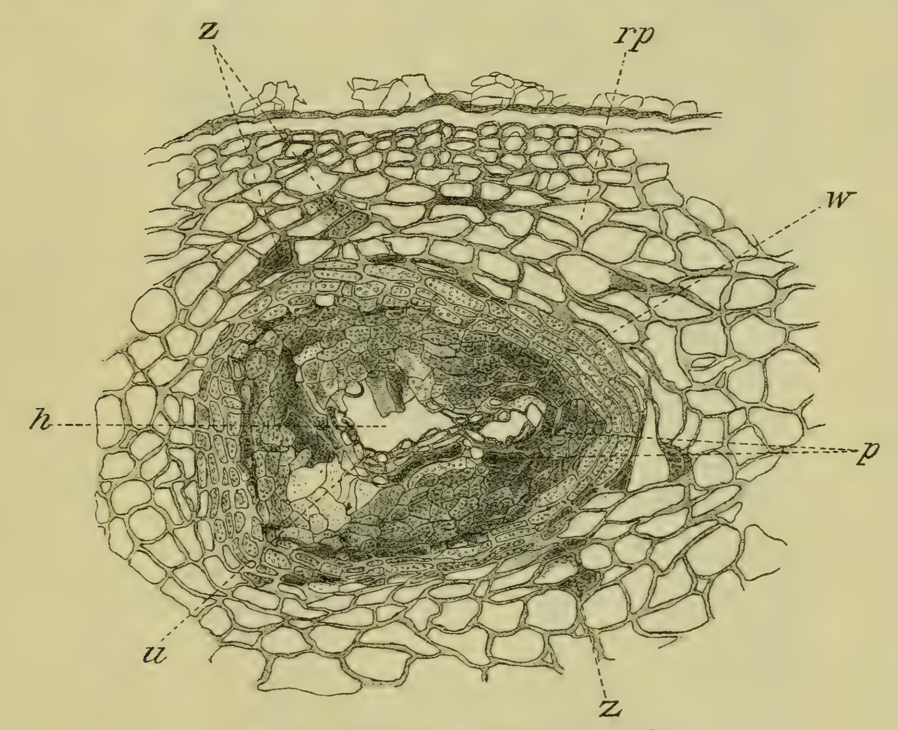


Fig. 101. Kiefer, künstlicher Frost. (Orig.)

z Einzelne abgetötete Rindenzellen mit braunem, gleichmäſsigem Inhalt; *h* Höhlung im abgestorbenen Gewebekern; *u* wenig gefärbte oder fast farblose Umkleidung der zentralen Höhlung, welche in Bau und Lagerung deutlich noch die Struktur der Auskleidung eines Harzganges erkennen läſst; *p* vollständig verharzte, braune Rindenparenchymzellen aus der Umgebung des Harzganges; *w* tafelförmig gestrecktes, stärkeführendes Parenchym; *rp* normales Rindenparenchym.

über isolierte, ringförmige Blitzspuren finden, erschien es mir doch notwendig, die Frage zu prüfen, ob nicht derartige Beschädigungen durch Frost hervorgerufen sein könnten. Der Verdacht lag um so näher, als ich bei Laubbäumen um frostbeschädigte Bastgruppen in der Nähe von Augen ähnliche Erscheinungen zu beobachten Gelegenheit gehabt hatte.

Um zuverlässiges Vergleichsmaterial zu bekommen, erbat ich von Herrn v. Tubeuf Proben seiner künstlich angeblitzten Fichten und beschaffte mir Frostwunden dadurch, daſs ich eine gesunde fünfjährige Kiefer (v. Tubeuf hatte die charakteristischen Blitzwunden auch bei

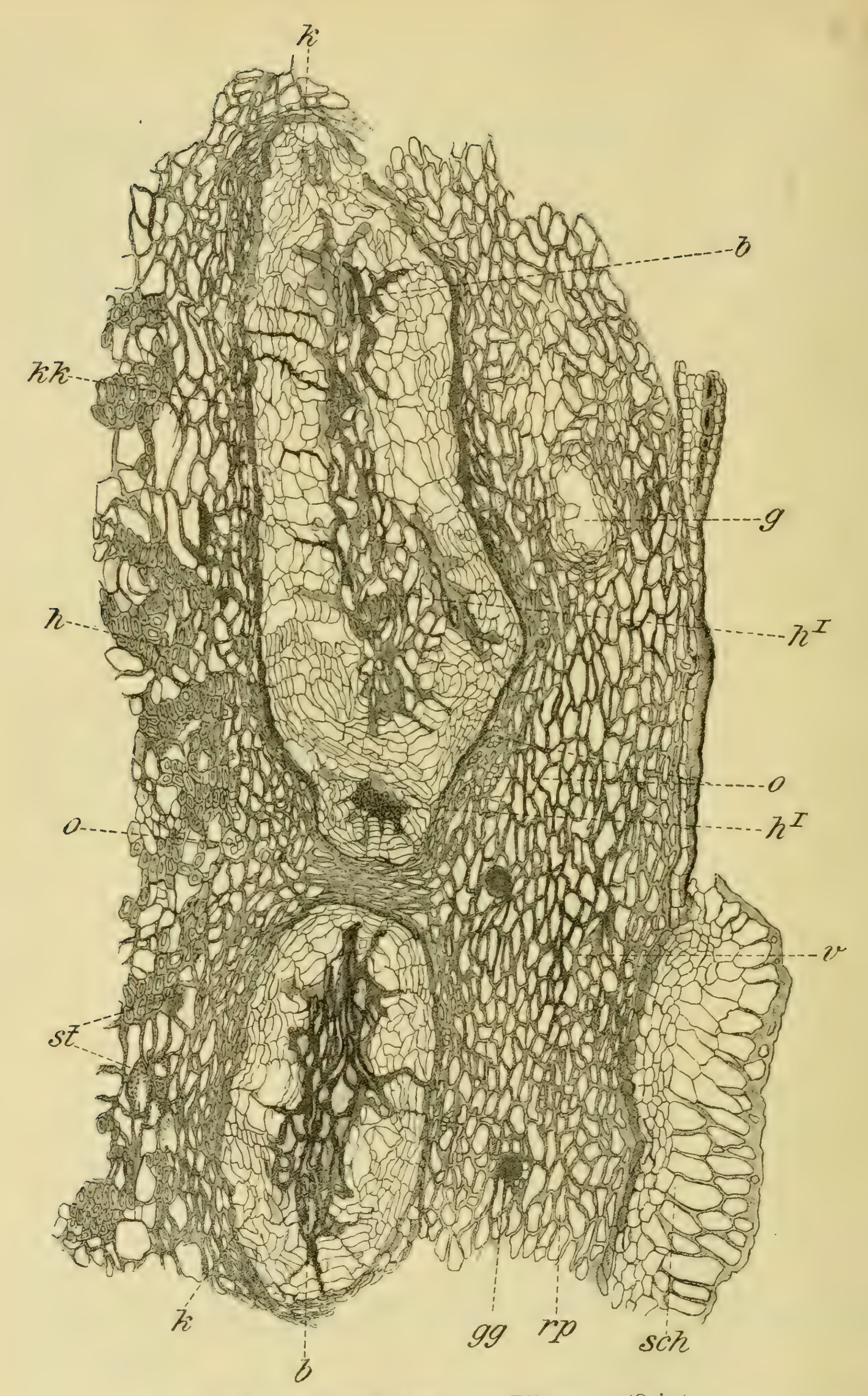


Fig. 102. Fichte, künstliche Blitzspur. (Orig.)
b Zentraler Teil der Blitzspur im Rindenparenchym; *h* normale Hartbastgruppe; h^1 von der Blitzspur eingeschlossene Hartbastgruppe: *k* Korkring; *kk* die dem Korkkambium ähnliche Zelllage; *g* Harzgang in der gesunden Rinde, aus dessen normaler Auskleidung einzelne Zellen sich blasenartig vorwölben; *gg* mit Harz ausgefüllter Harzgang; *o* Oxalatkristalle; *st* mit Stärke erfüllte Rindenzellen; *rp* gesundes Rindenparenchym; *v* verquollene Gewebegruppen in demselben *sch* Borkenschuppe.

Kiefern und Lärchen gefunden) im Mai während einer Nacht im Gefrierzylinder einer Kälte bis zu — 7° C aussetzte. Der anscheinend unbeschädigt aus dem Gefrierapparat hervorgegangene Baum kam Ende des folgenden Jahres zur Untersuchung, um ihm Zeit zu lassen, etwaige innere Beschädigungen auszuheilen, wie dies bei den Blitzwunden ebenfalls stattgefunden haben mufste.

Innere Beschädigungen zeigte die Kiefer nur an einer Seite der Stammbasis im Rindenteil, und zwar teils in Form einzelner abgestorbener Zellen mit braunem, verquollenem Inhalt mitten im gesunden Parenchym, teils in Gestalt gröfserer toter Zellgruppen, die ringförmig von einem lebenden, mauerförmig angeordneten Parenchym umschlossen waren und dadurch eine augenähnliche Figur darstellten (s. Fig. 101). Das Zentrum dieser augenförmigen Figur wurde häufig durch eine Höhlung (*h*) gebildet, welche von schwach gebräunten, bisweilen fast farblosen Zellen (*u*) ausgekleidet war. Bei Vergleich der mit jedem Schnitte wechselnden Bilder kam man zu der Überzeugung, dafs diese den Hohlraum umschliefsenden Zellen der Auskleidung eines Harzganges entsprachen und bisweilen blasig in denselben hinein vorgewölbt gewesen waren. Daran grenzte nach aufsen ein abgestorbenes Rindenparenchym (*p*), dessen Zellen nur selten zusammengefallen waren und meist in ihrer natürlichen Gröfse in Inhalt und Wandung verharzt sich erwiesen. Bei Aufhellung der Schnitte erkannte man in dem abgestorbenen Parenchym noch einzelne Oxalatgruppen und Zellen mit Körnern, die als verharzte Stärkekörner anzusehen sind. An das tote Gewebe grenzte nach aufsen jene oben erwähnte ringförmige Zone tafelförmiger Zellen, die ihrer Anordnung nach einer Korkumwallung glichen, aber mit Chlorzinkjod Zellulosereaktion in ihren Wandungen zeigten und vielfach reichlich mit Stärke und Harztröpfchen angefüllt waren (*w*). Diese Umwallung des toten Gewebekernes, welche das augenförmige Aussehen der Frostwunde bedingte, ging dann in das normale Rindenparenchym (*rp*) über, das hier und da noch Spuren von Stärke erkennen liefs.

Der Querschnitt durch die Rinde des von künstlichen Blitzen beschädigten Fichtenstämmchens ergab das in Fig. 102 vorgeführte Bild.

Die Blitzspur (*b*) zeigt zunächst einen zentralen braunen, streifenartigen Kern aus verquollenem Parenchym. Derselbe wird von einer breiten, hellen Zone (*k*) umgeben, die aus radial angeordneten Reihen sehr dünnwandiger, nahezu inhaltsloser, oft luftführender Zellen besteht.

Nach aufsen stöfst diese Zone an einen Gewebering (*kk*) aus tafelförmigen, plasmareichen, in ihren Wandungen die Zellulosereaktion zeigenden Zellen, die allmählich in das normale, grofslumige Rindenparenchym (*rp*) übergehen. Die aufserhalb, aber ziemlich nahe der Blitzspur liegenden Harzgänge (*g*) sind in der Regel nicht verändert; die bisweilen blasig in den Harzgang hinein sich vorwölbenden Zellen der Auskleidung sind hellwandig. Auch diese blasige Auftreibung der Wandungszellen ist eine normale Erscheinung; denn man findet an Zweigen gesunder Fichten im Winter manchmal die Harzgänge vollkommen ausgefüllt durch thyllenartige Erweiterungen der Wandungszellen. Vereinzelt treten in unmittelbarer Nähe der Blitzspur auch Harzgänge auf, bei denen die ausfüllenden Zellen zu braunen, verquollenen, harzigen Massen umgewandelt sind.

Der tote Gewebekern im Zentrum der Blitzspur besteht häufig nur aus abgetötetem Rindenparenchym; manchmal jedoch erkennt man

auch, dafs einzelne Bastgruppen (h^1) dabei beteiligt sind. Hervorzuheben ist der Umstand, dafs die abgetöteten Parenchymzellen vielfach gänzlich zusammengefallen und vertrocknet erscheinen. Dieses Zusammentrocknen erkläre ich mir als die Ursache für die Entstehung der hellen Ringzonen aus weitlumigen, dünnwandigen Zellen, welche sich als wirkliche Korkzellen erweisen und den Unterschied von der Frostwunde bedingen.

Ich mache mir nun folgende Vorstellung von dem Zustandekommen dieses Unterschiedes in den beiden Wundformen. Der elektrische Funken bedingt ein schnelles Austrocknen des abgetöteten Gewebes. Da er ebenso wie der Frost kein langsam verlaufendes, nachträgliches Absterben des anstofsenden Gewebes veranlafst, so grenzen an die abgetöteten Gewebeherde unmittelbar lebenskräftige, reaktionsfähige Zellen. Eine Reaktion auf den Wundreiz stellt sich sofort ein, wenn die vegetative Tätigkeit in der Rinde sich geltend macht. Das Parenchym an der Grenze des toten Gewebes antwortet auf den Wundreiz durch Zellstreckung und Zellvermehrung. Die durch den Blitz zusammengetrockneten Zellpartien bieten der Umgebung Raum zu bedeutender Streckung und Fächerung. Je schneller der Vorgang stattfindet, desto mehr Material wird verbraucht. Ist dasselbe zurzeit nicht in genügender Menge vorrätig, findet nur Korkbildung statt, und damit erklärt sich, dafs nach der elektrischen Entladung das die zusammentrocknende Gewebeinsel umgebende Rindenparenchym, welches eine viel schnellere Streckung und Fächerung zur Ausfüllung des gröfseren Raumes erfahren mufs, mit Korkbildung antwortet.

Bei der Abtötung einer mitten im Rindenparenchym liegenden Gewebeinsel durch den Frost erfolgt zunächst kein Vertrocknen des Gewebes. Die abgetöteten, verquollenen Zellen behalten ihren Umfang infolge der noch vorhandenen Turgescenz. Somit wird auch der Druck des frostbeschädigten, sterbenden Gewebes auf die gesund und reaktionsfähig gebliebene Umgebung nicht wesentlich vermindert. Damit fällt aber für die umgebenden Zellen auch die Veranlassung fort, sich so stark zu verlängern und zu fächern, wie dies beim Vertrocknen der Blitzspur notwendig war. Es wird also um den toten Kern der Frostwunde die infolge des Wundreizes entstehende Neubildung in Form einer Ringzone aus spärlicheren und kleineren Zellen auftreten. Das zuströmende plastische Material kann nicht mehr zur Zellvermehrung verbraucht werden, da der Bedarf gedeckt ist, und wird daher in Form von Reservestoffen sich niederschlagen. Daher die direkt um die Frostwunde bemerkbare Stärkeanhäufung.

Als positives Ergebnis der Untersuchung wäre anzuführen, dafs bei den Nadelhölzern ein bestimmter Unterschied zwischen künstlich erzeugten augenförmigen Blitz- und Frostwunden besteht. Bei der Blitzwunde trocknet das abgetötete Rindengewebe schnell zusammen und wird zunächst von einem lockeren Korkmantel umgeben, der einen hellen Aufsenring darstellt. Bei der Frostwunde behalten die abgetöteten Zellen im Innern des Rindenparenchyms zunächst ihren früheren Umfang; sie werden zwar ebenfalls eingeschlossen von einer Ringzone neugebildeter Zellen, aber diese entwickeln sich nicht zu einem lockeren Korkmantel, sondern bilden eine schmale Zone englumigen Parenchyms, das reicher an Reservestoffen wie das normale Rindenparenchym zu sein pflegt. Diese Zone stellt sich bei der Blitzwunde erst nach der Korkzone ein.

Hinzu kommt noch der von v. Tubeuf angegebene Unterschied, daſs bei der Blitzwunde der abgetötete Rindenring in immer schmaler werdenden Bändern abwärts in das gesunde Gewebe hinein ausstrahlt, während eine derartige langsame Abnahme der Frostwirkung und ein streifenartiges Ausstrahlen der toten Gewebezone in die gesunde Rinde hinein bei Nadelhölzern bisher nicht beobachtet worden ist.

Betreffs der Theorie der Blitzwirkung stellen die vorstehenden anatomischen Beobachtungen fest, daſs der elektrische Funken in erster Linie ein Vertrocknen des Gewebes hervorruft.

Die Beschädigungen der städtischen Baumpflanzungen.

Bei der Zunahme der elektrischen Anlagen in den Städten ist auf die Gefährdung der Baumpflanzungen hinzuweisen. Nach den Untersuchungen von Stone[1]) sind es die Wechsel- und direkten Ströme, welche durch örtliche Verbrennungen schaden. Bei trocknem Wetter ist weniger zu fürchten, wesentlich mehr aber, wenn die Rinde naſs ist. Es kommen hier namentlich die direkten Ströme der Straſsenbahnen in Betracht. Auſser der Abtötung des Gewebes ist auch die Reizwirkung schwacher Ströme ins Auge zu fassen. Erdentladungen bei Gewittern sind nach Stone's Beobachtungen häufiger als man vermutet und erklären mancherlei Schädigungen der Bäume, die vielfach auch noch durch rücksichtsloses Ausschneiden der Äste zur Isolierung der Drähte miſshandelt werden.

Wirkung von Streublitzen an Weinstöcken.

Unter den zahlreichen Beobachtungen, welche Colladon[2]) über die Blitzwirkung veröffentlicht hat, findet sich eine Angabe, daſs in einem Weinberge die getroffene Bodenoberfläche einen regelmäßigen scharf abgegrenzten Kreis darstellte, in dessen Mitte die stärkste Wirkung wahrzunehmen war. Die Weinstöcke zeigten auf den Blättern eine Menge Flecke, die anfangs dunkler grün erschienen und erst nach einigen Tagen sich ziegelrot färbten. An den jüngeren, saftigen Stengeln war namentlich das Cambium gebräunt, während der Holzkörper unversehrt sich erwies. In den verletzten Geweben blieben die Zellwandungen unverändert, aber das Protoplasma war zusammengezogen und getötet. Die gleiche Beobachtung von der Ausbreitung der Blitzwirkung auf zahlreiche Individuen hat Rathay[3]) beschrieben und nach Erwähnung früherer Fälle auch darauf hingewiesen, daſs dieselbe Erscheinung der Ausbreitung des Blitzstrahls bei den Schafherden zu beobachten ist, wo ebenfalls stets mehrere Individuen getroffen werden.

Ebenso wie Colladon nahm Rathay auch ein Rotwerden der Blätter an getroffenen Reben wahr, soweit die Sorten rote Herbstfärbung zeigen. Die Enden der Zweige starben gänzlich ab. Der Vorgang der Rotfärbung von Blättern ist von Wiesner und mir schon früher infolge von Ringelungs- und Knickungsversuchen festgestellt worden. Rathay

---

[1]) Stone, G. E., Injuries to Shade Trees from Electricity. Hatch Exper. Stat. Massachusetts Agric. Coll. Bull. 91. Amherst, 1903.

[2]) Colladon, Daniel, Effets de la foudre sur les arbres et les plantes ligneuses. Mém. de la soc. de phys. et d'histoire nat. de Genève 1872, S. 548—53.

[3]) Rathay, Emerich, Über eine merkwürdige durch den Blitz an Vitis vinifera hervorgerufene Erscheinung. Denkschr. d. math.-naturwiss. Klasse d. kais. Akad. d. Wissensch. Wien 1891. Hier auch reichliche Literaturangaben.

ergänzt diese Tatsache durch die Beobachtung, dafs die geröteten Blätter viel weniger transpirieren als die normal grünen. Die nach Blitzschlag geröteten Blätter gleichen in allen geprüften Beziehungen den durch Ringelung der Zweige sich rotfärbenden, und tatsächlich ähnelt die Blitzbeschädigung in vielen Punkten der mechanischen Ringelung, da hier die aufserhalb des Cambiums liegende Rindenschicht getötet wird. „Das Cambium der vom Blitz getroffenen Lotten bleibt lebend und erzeugt innerhalb der getöteten Gewebe nach aufsen einen von Wundkork umhüllten Callus und nach innen einen Holzring, der von dem älteren Holze durch eine dünne gebräunte Schicht geschieden ist." Die Trauben an den vom Blitz getroffenen Reben vertrocknen vollständig.

Einzelne Punkte von Wichtigkeit, welche einen Parallelismus zwischen den Blitzwirkungen am Weinstock und an Nadelhölzern erkennen lassen, finden wir in einer Arbeit von Ravaz und Bonnet[4]). Nachdem darauf aufmerksam gemacht worden, dafs das Blitzloch, welches 50—100 Stöcke umfafste, gerade die kräftigsten Pflanzen am meisten beschädigt zeigte, wird hervorgehoben, dafs infolge des am 20. Mai erfolgten Blitzschlages die Spitzen der Triebe sich zu Boden neigten und vertrockneten. Die Knoten blieben längere Zeit grün, während die Internodien schon wie verbrüht aussahen. Nach unten nahmen die Krankheitserscheinungen allmählich ab. Unterhalb der vertrockneten Spitze war in den beschädigten jungen Trieben der Markkörper zerrissen und dem Holzringe angeprefst. Wurzeln blieben unbeschädigt. Einige Wochen nach dem Blitzschlage erschienen die getroffenen Internodien rotbraun, geschrumpft und der Länge nach aufgeplatzt. Die Risse zeigten Vernarbungsgewebe. Die dazwischen liegenden Knoten schwollen auffällig an. Zweige, deren Spitzen nicht getroffen wurden, wuchsen weiter, behielten aber sehr kurze Internodien. Das junge Holzgewebe erschien braun, seine Zellen entleert und mit unverdickten Wandungen. Die beschädigten Rindenpartien waren von Kork inselartig eingeschlossen (vergl. Fig. 102). Das Cambium bildete zunächst ein unregelmäfsiges Gewebe, das erst allmählich wieder in normales Holz übergegangen war (vergl. Fig. 99).

Wir gelangen nach diesen Angaben zu der Anschauung, daß der Blitz (wie der Frost) wesentlich auch durch seine mechanische Wirkung schädigt, und zwar infolge plötzlicher übergrofser Spannungsdifferenzen. Je nach dem Alter der blitzbeschädigten Achse reagiert dieselbe in verschiedenem Grade. Dort wo die Rinde nicht mehr in ihrem ganzen Umfange geschädigt wird, kapseln sich die toten Stellen durch einen Korkmantel ein. Wird das Jungholz nicht mehr gänzlich getötet, sondern nur noch geprefst und gezerrt, bildet sich später ein Parenchymholz aus, das langsam nach aufsen hin in normales Holz übergeht, so dafs falsche Jahresringe entstehen können. Alle Erscheinungen strahlen nach der Basis der Achse hin allmählich aus, d. h. sie verschwinden schließlich.

Daß in Blitzwunden sich häufig Mikroorganismen ansiedeln, ist selbstverständlich, und es ist daher leicht erklärlich, dafs man derartige Fälle als parasitäre Krankheiten beschrieben hat. Ein Beispiel bietet die „Gelivure" des Weinstocks, welche als Bakteriose be-

---

[4]) Ravaz, L. et Bonnet, Effets de la foudre sur la vigne. Extr. des annales de l'école nationale d'agricult. de Montpellier; cit Bot. Jahresb. 1900, II, S. 417.

schrieben worden, aber nach Ravaz und Bonnet nichts anderes als eine durch Bakterien besiedelte Blitzwunde ist[1]).

Streublitze auf Feldern und Wiesen.

Steglich[2]) beobachtete im Juli einen Blitzschlag im Kartoffelacker. Der Blitz schlug an zwei Stellen ein, und die Pflanzen wurden infolgedessen gelb und starben ab; die Stengel erschienen aufgeschlitzt und durchbohrt, wobei die Wundränder ein zerrissenes Aussehen hatten.

v. Seelhorst[3]) beschreibt Rübenbeschädigungen durch Blitz. In einem Falle bildete das Blitzloch eine Kreisfläche von ca. 15 m Durchmesser. In der Mitte des Kreises waren die Rüben total abgestorben; bei den peripherisch angrenzenden Pflanzen erschienen die Blätter welk und verfärbt. Manchmal standen zwischen stark verletzten Pflanzen einzelne Exemplare von geringer Beschädigung. Im Rübenkörper waren bisweilen kleine Hohlräume bemerkbar, namentlich im Kopfteil. In andern, von Praktikern beobachteten Fällen wird von Verfärbung und Erweichung der Rübenköpfe und ähnlichen Erscheinungen gesprochen, indessen dürften hier schon sekundäre, parasitäre Einflüsse sich geltend gemacht haben. Auch Colladon[4]) berichtet von einem Blitzloch auf einem Rübenfelde. Die beschädigten Pflanzen hatten Blätter, die rötlich verfärbt, geschrumpft oder stellenweis zerrissen waren und deren Randpartien teilweis vertrocknet erschienen. Auf einem Kartoffelacker fand sich die Mehrzahl der Pflanzen in der aufgewühlten Erde gesund; nur an einer Stelle sah die Basis der Kartoffelstengel zerrissen und wie verbrannt aus. In dem 6 m Durchmesser zeigenden Blitzloch einer Wiese waren die höchst emporragenden Distelköpfe abgetötet, während die niederen Teile und die Grasnarbe gesund geblieben waren, obwohl hier und da die Erde aufgewühlt gefunden wurde.

Zur Erklärung des Umstandes, dafs stets auf gleichbestellten Ländereien viele Individuen getroffen werden, weist Rathay auf die photographischen Blitzaufnahmen hin, aus denen sich ergibt, dafs der Blitz meist keine einfache Entladung zwischen zwei Punkten ist, sondern sich zerstreut und in vielen Punkten endet. Kommt dann (bei Weinstöcken) hinzu, dafs die Stöcke in Drahtanlagen erzogen werden, so bildet der Draht eine noch besser leitende Verbindung, welche die Ausbreitung der Schädigung begünstigt.

Von Bedeutung sind auch die Angaben von v. Bezold[5]), dafs nach den Akten der Brandversicherungsanstalt in Bayern die Gefährdung durch Blitz von 1833 bis 1882 sich geradezu verdreifacht hat. Vermutlich spielen die ausgedehnten Entwaldungen und Entwässerungen und die rapide Vermehrung der Schienen und elektrischen Drahtleitungen dabei eine Rolle.

---

[1]) Ravaz, L. et Bonnet, A., Les effets de la foudre et la gelivure. Compt. rend. 1901, I, S. 805.

[2]) Jahrb. d. D. Landw.-Ges. 1892.

[3]) v. Seelhorst, Rübenbeschädigung durch Blitz. D. Landw. Presse 1904, S. 515.

[4]) a. a. O. S. 555.

[5]) v. Bezold, W., Über zündende Blitze im Königreich Bayern während des Zeitraums 1833 bis 1882. Abh. d. Kgl. Bayer. Akad. d. Wiss. II. Cl., Bd. XV.

Nachteile bei der Elektrokultur.

Das anerkennenswerte Bestreben, die Elektrizität bei der Pflanzenkultur direkt zu verwerten, hat nach drei Richtungen zu Versuchen geführt. Einesteils will man durch Beleuchtung mit elektrischem Licht die Assimilationstätigkeit vermehren. Andernteils hat man begonnen, einen elektrischen Strom durch die Erde gehen zu lassen, indem man zwei Metallplatten in den Boden versenkte und dieselben mit einer Stromquelle verband. Drittens hat man versucht, einen Strom durch eine Pflanze (Baum) direkt gehen zu lassen.

Die Resultate sind bisher sehr widersprechender Natur, so daſs ein Urteil sich nicht fällen läſst. Groſse Hoffnungen setzt man mehrfach auf den Einfluſs der dunklen elektrischen Entladung. Dieselbe kommt zustande, wenn man z. B. ein Netz von Drähten über ein Feld zieht, ohne daſs es den Erdboden berührt, und einen Pol einer Elektrisiermaschine mit dem Drahtnetz und den andern mit dem Erdboden verbindet. In solchem Falle dienen die Pflanzen als Leiter, und durch sie hindurch wird vermittels der dunklen elektrischen Entladung ein Ausströmen der Elektrizität aus den Spitzen der Kulturgewächse erfolgen. Ein derartiges Ausströmen muſs eigentlich fortwährend in der freien Natur stattfinden, da der Erdboden eine andere elektrische Ladung zeigt als die darüber befindlichen Luftschichten. Die bekanntesten Versuche dürften die von Lemström[1]) und von Pringsheim[2]) sein. Ältere Arbeiten über Versuche, bei denen der elektrische Strom durch die Erde geleitet wird, finden sich von Wollny[3]) zusammengestellt und durch eigene Versuche erweitert.

Die Resultate der Pringsheim'schen Versuche, bei denen die Elektrizität durch Influenzmaschinen erzeugt wurde, lauten ungemein günstig, da bei Kartoffeln, Zuckerrüben, Gerste, Bohnen, Erdbeeren eine quantitativ und qualitativ bessere Ernte erzielt wurde. Da, wie gesagt, andrerseits aber viele ungünstige Erfahrungen vorliegen, so ist vorläufig dieses Gebiet als noch nicht genug geklärt hier nicht weiter zu berücksichtigen. Wohl aber muſs hier einer Arbeit von Löwenherz[4]) gedacht werden, weil dieselbe mit wissenschaftlicher Genauigkeit durchgeführt ist und neue Gesichtspunkte eröffnet.

Die Versuche wurden mit Chevaliergerste angestellt; zur Anwendung gelangte ein Gleichstrom, der durch die Erde geleitet wurde. Die Körner wurden sorgfältig derartig ausgelegt, daſs bei der Hälfte der Versuchstöpfe die Samen mit ihrer Längsachse parallel zur Stromrichtung lagen und daher der Länge nach vom Strom durchflossen wurden, während bei der anderen Topfreihe die Körner rechtwinklig zur Stromrichtung lagen. Es zeigte sich nun, daſs die verschiedene Lage der Körner zur Stromrichtung einen ganz unerwartet groſsen Unterschied in der Wirkung der Elektrizität zur Folge hatte.

Bei der angewandten Stromstärke (0,015—0,030 Ampère) war überall eine Benachteiligung des Keimungsvorganges bemerkbar gewesen; aber es war stets zu erkennen, daſs die Körner, welche der Länge nach

---

[1]) Lemström, Elektrokultur. Übersetzt von O. Pringsheim. Berlin 1902, W. Junk.

[2]) Pringsheim, Otto, Neue Elektrokulturversuche. Österr. landw. Wochenbl. 1904, No. 24; cit. Centralbl. f. Agrikulturch. 1905, Heft 6.

[3]) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. 11, 1888, S. 88.

[4]) Löwenherz, Richard, Versuche über Elektrokultur. Z. f. Pflanzenkrankh. 1905, S. 137.

vom Strom durchflossen wurden, schlechter keimten als die, bei denen der Strom quer hindurchging. Doch auch in der erstgenannten Abteilung machte sich ein Unterschied insofern geltend, als bei den parallel zur Stromrichtung liegenden Körnern diejenigen am schlechtesten sich entwickelten, bei denen der positive Strom an der Spitze der Körner eintrat und an dem Ende, wo der Embryo liegt, austrat. Wenn innerhalb 24 Stunden die Stromrichtung zwei- bis dreimal umgekehrt wurde, konnte eine Änderung des Resultates nicht erzielt werden; dagegen wurde eine solche deutlich sichtbar, wenn der Strom zweimal pro Minute wechselte. Die rechtwinklig zur Stromrichtung gelegten Körner waren dann ebenso gut, wie die nicht elektrisierten Samen aufgegangen und bei den der Länge nach von der Elektrizität durchflossenen machte sich der Nachteil nur noch dadurch bemerkbar, dafs die Körner etwa 12—24 Stunden später keimten. Dieser beachtenswerte Versuch zeigt deutlich, wie mannigfache Bedingungen bei der Elektrokultur beachtet werden müssen.

Anhangsweise sei hier noch der Bestrebungen über die Elektrisierung von Wurzelreben und Blindholz des Weinstocks durch Ströme hoher Spannung gedacht[1]). Im Auftrage des Kais. Landwirtschaftvereins zu Moskau wurden, angeregt durch Berichte über Bekämpfung der Reblaus durch elektrische Ströme, Versuche eingeleitet, indem man Kisten mit Wurzelreben und Stecklingen 10 Minuten hindurch einer elektrischen Entladung aussetzte. Einige Wurzelreben wurden dann auch noch durch Funkenentladung elektrisiert. Es wurde gefunden, dafs Ströme von hoher Spannung eine frühere und günstigere Entwicklung der Reben veranlassen. Wurzelreben aber, welche direkt durch Verbindung mit dem Induktor elektrisiert worden waren, zeigten Beschädigungen, indem die oberirdischen Teile nicht austrieben; es waren nur bei den unterirdischen Knoten Triebe zum Vorschein gekommen.

Elftes Kapitel.

Wärmemangel.

A. Allgemeiner Teil.

Lebensäufserungen bei niedrigen Temperaturen.

Weit abhängiger als von der Temperatur der Ackerkrume ist die Pflanze von der Lufttemperatur. Ehe noch der Boden den Schwankungen der Luftwärme folgen kann, hat die letztere bereits das Pflanzenleben geweckt und bisweilen schon zu bedeutender Entwicklung gebracht. Die einzelnen Pflanzenteile folgen natürlich mit verschiedener Schnelligkeit den Temperaturschwankungen. Während Blätter und dünne Stengel in kürzester Zeit ihre Wärme parallel derjenigen der Luft steigern oder vermindern, werden dicke Stämme einer bedeutend längeren Zeit dazu bedürfen, zumal da alle Pflanzengewebe schlechte Wärmeleiter sind. Aus diesem letzteren Umstande erklärt es sich, dafs dicke Stämme bald wärmer, bald kälter als die umgebende Luft sind, und zwar sind sie

[1]) Nach einem Referat der „Weinlaube“ 1904, No. 34; cit. Centralbl. für Agrikulturchemie 1905, S. 394.

durchschnittlich am Tage kälter, in der Nachtzeit wärmer als die Luft. Aber auch die dünnen Pflanzenteile, die in die Luft hinausragen, sind am Tage kälter. Die Abkühlung der Blätter rührt von ihrer Ausstrahlung her; solche wird um so gröfser sein, je mehr Oberfläche der Pflanzenteil im Verhältnis zu seiner Masse besitzt. Als weitere Ursache der Abkühlung ist aber auch die Verdunstung zu betrachten, welche auf Kosten der Wärme des Pflanzenteils vor sich geht, und diese beiden Ursachen erklären die Erscheinung, dafs in hellen Nächten das Thermometer unmittelbar zwischen dicht stehenden Pflanzen mit dünnen Blättern, wie im Rasen einer Wiese, eine um mehrere Grade geringere Temperatur anzeigt als in der Luftschicht über denselben. Ist die Luftwärme selbst nahe dem Gefrierpunkte des Wassers, so können durch Strahlung die Pflanzenteile selbst schon unter 0° erkältet sein und infolgedessen zugrunde gehen oder wenigstens einzelne ihrer Funktionen zeitweilig einstellen. Nach den Beobachtungen von SACHS (Lehrbuch III. Aufl. S. 636) können die Feuerbohne und der Mais (*Phaseolus multiflorus* und *Zea Mays*) nicht ihre Chlorophyllkörner grün färben, wenn die Temperatur nicht wenigstens + 6° C beträgt. Ebenso verhält sich der Raps. Die Pinie (*Pinus Pinea*) braucht wenigstens 7° C. Die Kohlensäurezersetzung zeigt sich bei *Potamogeton* erst zwischen 10—15° C; dagegen bei *Vallisneria* schon oberhalb 6° C, bei den Blättern der Lärche bei 0,5 – 2,5° C und bei den Wiesengräsern bei 1,5—3,5° C. Die Bewegung der Blätter der Sinnpflanze (*Mimosa pudica*) tritt erst ein, wenn die Temperatur der umgebenden Luft 15° C übersteigt usw.

Wie verschieden die Wärmeansprüche der einzelnen Pflanzen sind, zeigen am besten die Beobachtungen, welche über das Keimen der Samen in Eis gemacht worden sind. ULOTH[1]) fand beispielsweise, dafs Samen von Weizen und Ahorn (*Acer platanoides*) in Eis keimten und sich tief in das Eis eingruben, das sie durch die bei der Keimung zunächst entwickelte Wärme auftauten. Die feinen Nebenwurzeln des Weizens hatten Eisstücke von $^1/_8$ m Dicke durchbohrt. Spätere Versuche[2]) zeigten demselben Beobachter, dafs auch mehrere Cruciferen (*Lepidium ruderale* und *sativum*, *Sinapis alba* und *Brassica Napus*), Hafer, Gerste, Roggen sowie andere Gräser, in grofsen Prozentsätzen gekeimt hatten. Bei Gerste und Hafer waren die Keimprozente aber merklich geringer als bei Weizen und Roggen. Von Schmetterlingsblütlern hatten im Eiskeller Erbsen zu 80%, Linsen zu 12% gekeimt. Von Petersilie zeigten 60% der ausgesäten Körner eine Keimung. Angeregt durch diese Beobachtungen, unternahm später HABERLANDT[3]) weitere Versuche mit Aussaat der gebräuchlichsten landwirtschaftlichen Sämereien in Kästen, welche durch Eis konstant bei einer Temperatur von 0° bis 1° C gehalten wurden. Nach 1½ Monaten zeigten Roggen, Hanf, Leindotter, Rotklee, Luzerne, Wicke, Erbsen und Bastardklee einen Anfang der Keimung; eine weitere Entwicklung der Würzelchen aber liefs sich nach vier Monaten nur bei Senf, Leindotter, Bastardklee, Rotklee und Luzerne konstatieren, während Weizen, Gerste, Hafer, Raygras, Buchweizen, Runkelrübe, Raps, Mohn, Weifsklee,

[1]) FÜHLING's Neue landwirtsch. Z. 1871, S. 875.

[2]) Flora 1875, S. 266.

[3]) Wissenschaftl. praktische Untersuchungen auf d. Gebiete d. Pflanzenbaues. Wien 1875, I, S. 109ff., 117.

Bohne u. a. gar nicht zum Keimen gelangt waren. Am günstigsten von allen Pflanzen hatte sich auffallenderweise die Luzerne gezeigt.

Diese Resultate stehen betreffs der Getreidearten in sehr auffallendem Widerspruch mit den ULOTH'schen Ergebnissen und ebenso mit den Resultaten von Versuchen, welche HELLRIEGEL[1]) veröffentlicht hat. Hier zeigte der Winterroggen sich entschieden als die anspruchsloseste der geprüften Pflanzen betreffs des Wärmebedürfnisses. Er entwickelte bei einer fast konstanten Temperatur von 0° (nur wenige kurze Überschreitungen bis + 1° C kamen innerhalb der sechswöchigen Versuchsdauer vor) Blatt- und Wurzelapparat ganz normal. Schon etwas wärmebedürftiger erwiesen sich durch die geringere Gröfse der Keimpflanzen der Winterweizen und, übereinstimmend mit ULOTH, in noch höherem Mafse die Gerste und der Hafer, welche bei 0° nur die Würzelchen zu einiger Entwicklung brachten, den Blattkegel aber nicht aus dem Korne hervorzutreiben vermochten. Bei + 2° C dagegen war die Streckung schon eine recht vollkommene. Mais regte sich bei + 5° C noch nicht und keimte selbst bei + 8,7° C sehr träge und unvollkommen. Bei 0° waren noch gekeimt und zu nennenswerter Entwicklung des Blattkeims gelangt die Wicke und der Rübsen, während Erbsen in gröfserer, Lupinen und Bohnen in geringerer Anzahl zwar den Wurzelkörper gestreckt, aber den oberirdischen Achsenteil nicht entwickelt hatten. Von den bei + 2° C gekeimten Samen war der Lein empfindlicher als der Rübsen, der bei nahezu 0° noch keimte, aber in der Entwicklung stehen blieb und erst bei merklich höherer Temperatur (8,7° C) erwähnenswertes Wachstum zeigte. Den Wicken am nächsten stehend erwiesen sich Erbsen und Klee, welche bei einer Durchschnittswärme von + 2° C den Wurzel- und Blatteil hervortrieben, während Bohnen und Lupinen dazu mindestens + 3° C brauchten. Der Spörgel entwickelte sich bei + 2° C auch langsam weiter. Für die Mohrrübe scheinen zur Keimung ungefähr + 3° C und für die Runkelrübe sogar etwa + 5° C nötig zu sein.

Es gehört nicht mehr hierher, darauf einzugehen, dafs natürlich die Länge der Keimdauer in dem Grade zunimmt, als die Temperatur von dem Keimungsoptimum entfernt ist; wohl aber dürfte darauf aufmerksam zu machen sein, dafs solche Keimungsversuche bei möglichst niederen Temperaturen dazu führen könnten, frostharte Varietäten zu züchten. Bei allen Aussaatversuchen zeigt sich ein ungleichmäfsiges Aufgehen. Es wäre möglich, dafs diejenigen Samen, welche zuerst bei so niederer Temperatur keimen, Pflanzen ergeben, welche für alle Lebensprozesse ein geringeres Wärmebedürfnis haben als andere Individuen derselben Art.

Dafs nicht blofs die ersten Stadien der Keimung bei so niederen Temperaturen normal verlaufen, sondern auch ein weiteres Längenwachstum ermöglicht ist, zeigen die Versuche von KIRCHNER[2]), der Senf, Roggen, Weizen, Erbsen und Hanf als Keimpflanzen längere Zeit bei Temperaturen, die wenig über 0° lagen, vegetieren sah. Zwar weisen auch Pflanzen mit einem höheren Wärmebedürfnis bei Überführung in niedere Temperatur noch Längenwachstum auf; aber das-

---

[1]) Beiträge zu den naturwissenschaftl. Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Vieweg 1883, S. 284—304.

[2]) 54. Vers. deutscher Naturforscher u. Ärzte zu Salzburg, S. 75 d. Berichtes.

selbe ist nur als das allmähliche Auspendeln der unter den früheren günstigen Verhältnissen erhaltenen Wachstumsenergie zu deuten.

Bei Alpenpflanzen ist von KERNER[1]) beobachtet worden, dafs solche bei 0° auch blühen können. Das von den Schneefeldern in den Boden einsickernde Schmelzwasser vermag bereits die Lebenstätigkeit solcher Pflanzen derart anzuregen, dafs ihre bei der Atmung erzeugte Wärme die oft 2—5 cm dicke Eiskruste zu schmelzen imstande ist, so dafs die grünen Organe ins Freie gelangen (*Soldanella*).

Die Herbstfärbung.

Die Verfärbung der Blätter im Herbste ist bei derselben Baumart nicht immer dieselbe. Es scheint, dafs die Verschiedenheit durch den Standort eines Individuums bedingt wird. Im allgemeinen kann man zwei Typen unterscheiden. Entweder zeigt sich ein ganz normal vom Blattrande aus beginnender Vergilbungsprozefs, dem, nach der Blattmitte fortschreitend, eine Vertrocknung des Gewebes folgt. Oder Vergilbung und Vertrocknung gehen nicht parallelen, sondern entgegengesetzten Weg, d. h. der Vergilbungsprozefs geht vom Blattstiel und den starken Blattrippen aus und schreitet nach der Peripherie hin fort, so dafs der Rand zuletzt verfärbt wird, aber dennoch nachträglich zuerst vertrocknet. Letzteren Gang beobachtete ich besonders schön bei *Acer platanoides*, weniger konstant bei *Acer Pseudoplatanus*. Die Mittelfläche wies ein gleichmäfsiges, leuchtendes Quittengelb auf, während die Randzone noch grün war. Bei fortschreitender Temperaturerniedrigung zeigten viele Blätter ein Braunwerden und Absterben de- äufsersten Saumlinie der noch grünen Randpartie, während das gelbe Mittelfeld noch keine toten Gewebestellen erkennen liefs.

Dieser Fall kann auch bei *Tilia* eintreten, und zwar meist einseitig, indem nur eine Blatthälfte den Vorgang zeigt; jedoch ist bei der Linde die vom Rande nach der Mitte hin fortschreitende Verfärbung häufiger. Die Untersuchung zahlreicher Fälle lehrt, dafs die Unregelmäfsigkeiten der Verfärbung mit dem ungleichmäfsigen Absterben der Gefäfsbündel zusammenhängen.

Die normale Autolyse im Herbst stellt sich ein, wenn der gesamte Gefäfsbündelkörper seitens der Wurzel in seiner Funktion noch erhalten wird und nur langsam von den feinsten Nervenendigungen des Blattrandes her abstirbt. Dann verfärbt sich und vertrocknet das Blatt an der Randzone zuerst, und die Verfärbung schreitet in den Intercostalfeldern zwischen den schwächeren und schliefslich auch zwischen den stärkeren Nervenästen nach der Blattmittelrippe und dem Blattstiel hin allmählich fort. Wird dagegen die Gefäfsfunktion im Achsenkörper oder den Blattstielen vorzeitig gestört, was man aus der Bräunung der Bündel ersehen kann, dann beginnt die Verfärbung am Blattstiel oder den stärkeren Rippen und breitet sich nun unregelmäfsig nach der Peripherie hin weiter aus.

Das Absterben durch andauernde Sommertrockenheit gleicht in seinem Gange insofern der herbstlichen normalen Autolyse, als auch bei jener die am wenigsten Wasserzufuhr erhaltenden Partien des Blattes sich zunächst verfärben. Neben der Randtrocknis tritt aber hier mehr das Austrocknen der Mittelregion der gröfseren Intercostal-

[1]) Berichte d. naturwissenschaftl.-mediz. Vereins zu Innsbruck, Sitzung vom 15. Mai 1873, cit. Bot. Z. 1873, S. 438.

felder in den Vordergrund, weil diese von den starken Zuleitungssträngen am entferntesten liegen und durch den Licht- und Wärmeüberschuſs besonders stark in Anspruch genommen werden.

Die Herbstfärbung beginnt mit einer Veränderung des Chlorophyllkörpers, welche vielfach von dem Auftreten eines roten Farbstoffs begleitet wird. Zunächst bemerkt man eine Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner und ein Bestreben, miteinander zu verschmelzen. Bei der Fichte sah ich, daſs das einzelne Chlorophyllkorn strahlige Fortsätze bildet, die sich mit denen des Nachbarkörpers vereinigen. Die Rotfärbung wird durch das Auftreten von Substanzen aus der Gerbstoffreihe und damit verwandten Körpern bedingt. Manche immergrünen Pflanzen werden schmutzig braungrün. Nach KRAUS[1]) kommt diese Färbung dadurch zustande, daſs im Palisadenparenchym feinkörnige, lebhaft rotbraun bis kupferrot gefärbte Protoplasmamassen an Stelle der verschwundenen Chlorophyllkörper auftreten. Je weiter die Zellen des Blattfleisches von der braunen Oberseite entfernt liegen, desto mehr bemerkt man Übergänge von diesen geröteten Plasmamassen zu den normalen Chlorophyllkörnern.

Alle diese Veränderungen lassen sich in vielen Fällen wieder auf normale Färbung zurückführen, wenn man abgeschnittene Zweige in die Wärme bringt. Dabei wird aber die Lichtintensität nicht erhöht, und es ergibt sich daraus, daſs nur die Temperaturerniedrigung als die Ursache der Herbstfärbung im allgemeinen angesehen werden muſs. Ein weiterer Beweis liegt darin, daſs bei den herbstlichen, nächtlichen Reifen nur die bereiften, also die durch Strahlung am meisten abgekühlten Stellen sich verfärben, während die im Innern der Krone befindlichen, irgendwie durch andere Blätter gedeckten Teile keine Farbenänderung zeigen.

Was nun die Veränderung des Chlorophyllfarbstoffes anbetrifft, so ist durch FRANK[2]) und WIESNER[3]) nachgewiesen worden, daſs bei der herbstlichen Verfärbung das Chlorophyll in eine von PRINGSHEIM[4]) „Hypochlorin" genannte Substanz übergeht. Es ist dies ein meist dunkelgefärbter, ölartiger Körper, der bei Einwirkung anorganischer und organischer Säuren auf das Chlorophyllkorn entsteht und schlieſslich in nadel- oder peitschenartigen, braunen Kristallen anschieſst. Von diesem Hypochlorin hat nun TSCHIRCH[5]) nachgewiesen, daſs es mit dem „Chlorophyllan" von HOPPE-SEYLER identisch ist, und daſs es als das erste Oxydationsprodukt des Chlorophylls (und zwar nur eines Teiles des Rohchlorophylls, nämlich des Cyanophylls von G. KRAUS) aufzufassen ist, welches auch schon von selbst sich bildet, wenn eine Chlorophyllösung längere Zeit stehen bleibt[6]).

Die Bildung des Chlorophyllans oder Hypochlorins fand TSCHIRCH in dem Maße zunehmend, je mehr Säure (durch Normalalkali titrimetrisch

---

[1]) KRAUS, Über die winterliche Färbung immergrüner Gewächse. Sitzungsber. d. phys.-med. Soc. Erlangen; cit. in Ökonomische Fortschritte 1872, Nr. 1 u. 2.

[2]) Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XXIII, v. 24. Febr. 1882.

[3]) Bemerk. über d. Natur d. Hypochlorins. Bot. Centralbl. 1882, Bd. X, S. 260.

[4]) Untersuchungen über Lichtwirkung. Pringsheims Jahrbücher 1880, Bd. XII.

[5]) Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XXIII, v. 28. April 1882.

[6]) Konzentrierte Salzsäure spaltet das Chlorophyllan in einen in Salzsäure mit blauer Farbe löslichen Körper, das „Phyllocyanin" der Autoren und einen in dieser unlöslichen, in Äther löslichen, braunen Körper, das „Xanthin" von C. KRAUS. (TSCHIRCH, Untersuchungen über das Chlorophyll III. Ber. d. deutschen Bot. Ges., Bd. I, Heft 3 und 4; cit. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XIV, Nr. 25, S. 356.

bestimmt) in den Pflanzenteilen nachweisbar war. Außer Wasserpflanzen dürften nur wenig Pflanzen existieren, deren Zellsaft nicht deutlich sauer reagiert. Bei Gattungen, welche wenig Säure enthalten, wird die Chlorophyllanbildung eine geringe sein, und der gemachte Auszug wird lange stehen müssen, während bei stark sauren Pflanzen *(Aesculus, Rumex)* die Oxydation so schnell vor sich geht, daſs man überhaupt keinen rein grünen Auszug machen kann, da derselbe sofort die Eigenschaften des modifizierten Chlorophylls zeigt und schon bei dem Erkalten Chlorophyllan absetzt.

Für unsere Betrachtung erwähnenswert ist, daſs nach Tschirch selbst schon die Kohlensäure imstande ist, das Chlorophyll in Chlorophyllan umzuwandeln. Auch die Substanzen der Gerbstoffreihe, mit welchen der rote Farbstoff sicher verwandt ist, werden wir zu den sauer reagierenden, das Chlorophyllkorn angreifenden Körpern zu rechnen haben, und es fragt sich jetzt nur, woher es kommt, daſs erst im Herbst dieser entfärbende Einfluſs des sauren Zellsaftes auf das Chlorophyllkorn sich geltend macht. Dies kann nun entweder darin seinen Grund haben, daſs im Laufe des Sommers so wenig freie Säure im Verhältnis zum übrigen Material in der Blattzelle disponibel ist, daſs das zur Chlorophyllanbildung verbrauchte Chlorophyll stets und schnell durch den überwiegenden Assimilationsprozeſs ersetzt wird und wir daher in gewöhnlichen Fällen nichts von einer Gelbfärbung der Chlorophyllkörper merken, oder zweitens könnten auch die Chlorophyllkörper durch eine Substanz, welche die Säuren nicht durchläſst, geschützt sein und erst im Herbst diesen Schutz allmählich verlieren. Es könnten aber auch beide Vorgänge stattfinden, und dieses ist nach den vorliegenden Untersuchungen das Wahrscheinlichste.

Auf das tatsächliche Vorhandensein einer Schutzvorrichtung der Chloroplasten gegen die Angriffe der Säuren des Zellsaftes weisen Frank und Wiesner hin, welche betonen, daſs die grünen Körner im für Säuren undurchdringlichen Protoplasma eingebettet liegen. Auch hat Tschirch erwähnt, daſs jedes Chlorophyllkorn von einer farblosen Plasmamembran (Hyaloplasma-Schicht), die namentlich bei Wasserpflanzen leicht nachweisbar, umgeben ist und auf diese Weise einen speziellen Schutz gegen den sauren Zellsaft besitzt.

Wenn nun die Blattzelle im Herbste ihrem Lebensende sich nähert, ist das Protoplasma in derselben nicht mehr sehr reichlich vorhanden. Aber selbst da, wo es noch reichlicher sich vorfindet, erleidet es bei der Herbstkälte eine (durch Wärme wieder reparierbare) Alteration, vermöge welcher es permeabel für Säuren wird. Frank sah die durch Säurewirkung erzeugte Gelbfärbung des Chlorophyllkorns bereits eintreten, wenn dasselbe nebst dem Zellkern noch dicht in der wandständigen Plasmaschicht eingebettet lag. Eine solche Änderung in den diosmotischen Eigenschaften des Protoplasmas läßt auch in den wintergrünen Gehölzen die Säure zur Wirksamkeit kommen. Die organischen Säuren vermehren sich aber im herbstlichen Blatte, und auf diese Weise ist die Verfärbung eine um so leichtere.

Betreffs der Rotfärbung ist von C. Kraus[1]) nachgewiesen worden, daſs das von Gorup-Besanez[2]) im wilden Wein zuerst aufgefundene Brenz-

---

[1]) Über die Herbstfärbung der Blätter und die Bildung der Pflanzensäuren. Biedermanns Centralbl. 1874, I, S. 126.

[2]) Annalen der Chemie und Pharmacie 1872, Bd. CLXI, Heft 2 und 3.

catechin (Oxyphensäure) in allen sich herbstlich verfärbenden Blättern, ja auch (soweit die teilweise Untersuchung reichte) in allen noch kräftig vegetierenden Blättern vorkommt. Diese Substanz wird durch Eisenchlorid grün, mit Pflanzensäuren schön rot. Die Extrakte der Blätter geben die Reaktionen der Oxyphensäure, und es ist deshalb der Schlufs nahe gelegt, dafs der rote Farbstoff bei den jungen und herbstlich gefärbten Blättern aus der durch gesteigerte Säurebildung vermehrten Einwirkung auf das Brenzcatechin hervorgeht.

Das bisher Gesagte zusammenfassend, können wir den Vorgang der Herbstverfärbung als einen gegenüber dem Assimilationsprozefs gesteigerten, auf Lichtwirkung angewiesenen Oxydationsprozefs auffassen.

Derselbe äußert sich auf die in den Zellen der verschiedenen Pflanzen quantitativ sehr verschieden vorhandenen Stoffe derart, daß aus dem Chlorophyllfarbstoff das Chlorophyllan entsteht und dadurch das Blatt gelb wird.[1]) Wenn das künstlich aus Kohlehydraten herstellbare, in opalisierenden Tropfen wahrscheinlich vorhandene Brenzcatechin durch die herbstliche, reiche Säurebildung in einen roten Farbstoff umgewandelt wird, tritt neben der Gelbfärbung die Rötung der Blätter auf. Überwiegt dagegen die unter Formzerstörung der Chlorophyllkörner von G. Kraus[2]) und Haberlandt[3]) beobachtete Bildung braungelber Massen, die C. Kraus als Oxydations- und Humifikationsprodukte der Kohlenhydrate betrachtet und die, wie ich glaube, auch durch Zerfall der Chloroplasten direkt entstehen können, so färben sich die Blätter braun.

Die häufigste, aber durchaus nicht die einzige Ursache der Rotfärbung ist die Temperaturerniedrigung, wodurch die Lichtwirkung in relativen Überschufs gelangt. Es sind nicht die absoluten Licht- und Wärmewerte, welche hierbei ausschlaggebend sind, sondern die relativen, also in Beziehung zueinander in Betracht kommenden Werte. Die Temperaturerniedrigung wirkt herabstimmend auf den Chlorophyllbildungsprozefs, während sie noch den Brenzcatechin bildenden, etwas mehr Licht beanspruchenden[4]), die Rotfärbung einleitenden Oxydationsvorgang in voller Tätigkeit unterhält. Wenn die Tätigkeit des Chlorophyllapparates erhöht, also mehr Kohlehydrate gebildet werden, reicht der zugängliche Sauerstoff zu so hochgradiger Oxydation nicht mehr aus, und der Prozefs der Rotfärbung unterbleibt. Wenn man aber die Chlorophyllarbeit durch Mangel an Nährstoff- und Wasserzufuhr künstlich herabstimmt, dann kann der in der Zelle disponible Sauerstoff genügen, das spärlicher gewordene Material wieder hochgradig zu oxydieren, und dann tritt die Herbstfärbung schon im Sommer ein.

Bei Ringelungsversuchen an *Crataegus* im August bemerkte ich, wie früher bereits erwähnt, den Eintritt der Herbstfärbung in der gröfsten Sommerhitze, und bisweilen gelingt es, an etwas konsistenteren Blättern durch Einbrechen der Mittelrippe an dem am Baume belassenen Blatte die Spitze zur hochroten Herbstfärbung zu bringen, während die unterhalb

---

[1]) Der Chlorophyllanauszug herbstlich toter Blätter zeigt dieselben „bandes accidentelles permanentes“ wie Chantard (Centralbl. f. Agrikulturchemie 1874, S. 40) schon früher hervorgehoben hat.

[2]) Ökonom. Fortschritte 1872, No. 1 und 2.

[3]) Biedermanns Centralbl. 1876, II, S. 48.

[4]) Batalin, Über die Einwirkung des Lichtes auf die Bildung des roten Pigmentes. Acta Hort. Petrop. VI.

der scharfen Knickungsstelle gelegene Blattbasis ihre normale, tiefgrüne Färbung behält. Aufserdem sehen wir im Laufe des Sommers bei vielen Pflanzen die erstgebildeten Blätter des Jahrestriebes, die schnell sich ausgelebt haben, im heifsen Sommer die Herbstfärbung annehmen (*Ampelopsis*). Bedeckte Stellen an jungen, roten Blättern bleiben grüner. Wir kommen auf diese Verhältnisse bei dem „Frostlaubfall" noch einmal zu sprechen. Auf die winterlichen Vorbereitungen der immergrünen Pflanzen wird in dem Abschnitt über die Theorien der Frostwirkung eingegangen werden.

Gefrieren und Erfrieren.

Betreffs der Bezeichnung „Erfrieren" finden wir in der Literatur verschiedene Auffassungen. Teils erklärt man jedes Absterben, das allmählich sich bei einer Pflanze einstellt, weil sie zur Durchführung ihrer normalen Funktionen nicht die nötige Wärme erhält, schon als ein Erfrieren; andererseits will man nur den plötzlich eintretenden Tod infolge des Eingriffs einer unter die Minimalgrenze der Wärmeansprüche herabgehenden, in der Regel mit Eisbildung verbundenen Temperaturerniedrigung als „Erfrieren" gelten lassen.

Wir können diese Differenz am besten dadurch überwinden, dafs wir die erstere Art der Wirkung des Wärmemangels als „chronische Schäden" von dem plötzlichen Tode als einer akuten Schädigung bei der Betrachtung trennen.

Beispiele für chronische Schäden bieten vielfach zarte Pflanzen der Tropen, die in unseren Glashäusern nicht dauernd die Wärme für alle ihre Entwicklungsphasen finden. Bekannt sind die Mifserfolge bei der Kultur der indischen *Anoectochilus*-Arten und anderer zartlaubiger Orchideen, Begoniaceen, Gesneriaceen, Marantaceen usw., deren Blätter ich braunfleckig werden, sich krümmen und absterben sah, wenn sie längere Zeit einer Temperatur von + 3—5° C ausgesetzt waren[1]). In nassen kalten Jahren erkranken auch Freilandkulturen von Melonen, Gurken, Tabak und Bohnen bei anhaltendem Wärmemangel.

Bei den akuten Schäden ist man unwillkürlich geneigt, dieselben der Eisbildung zuzuschreiben. Dafs dieselbe an sich nicht totbringend ist, beweisen in vielen Fällen unsere winterharten Gewächse, die oftmals steif gefroren und spröde wie Glas sind und doch nach dem Verschwinden des Frostes wieder fortwachsen.

Über die Eisbildung im Gewebe machen wir uns folgende Vorstellung. Ist die Temperatur des Pflanzenteils auf den Eispunkt oder etwas tiefer gesunken, dann schiefsen auf der Aufsenseite der Zellhaut kleine Eiskristalle an. Diese, wohl zuerst aus dem Absorptions- später aus dem Imbibitionswasser der Zellhaut entstandenen Kristalle werden immer gröfser, indem sich an ihrer Basis immer mehr Wasser aus den Micellarinterstitien der Zellwand heraus zu Eis verwandelt. Schliefslich sind die sämtlichen feinen Eisprismen zu einer Eiskruste vereinigt. Die Zellwand hat den erlittenen Wasserverlust zu decken gesucht, indem sie aus dem Zellinhalte neue Wassermengen aufnahm.

So wird der Protoplasmakörper der Zelle wasserärmer, und es beginnen stoffliche Umlagerungen, die endlich eine solche Intensität

[1]) Vgl. auch: Molisch, Hans, Das Erfrieren der Pflanzen bei Temperaturen über dem Eispunkte. Sep. Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien. Mat.-naturw. Klasse, Bd. CV, Abt. 1; cit. Z. f. Pflanzenkrankh. 1897, S. 23.

erreichen, dafs die einzelnen Micellen der Zellwand und des Protoplasmas dauernd in ihrer Gleichgewichtslage gestört, sich auf eine Weise verändern, die keine Lebenstätigkeit mehr gestattet. Die durch Frost getötete Zelle zeigt dann, dafs ihre Wandung keinen Widerstand gegen den Druck des Zellsaftes leistet und läfst letzteren allmählig ausfliefsen. In unmittelbarer Berührung mit der Luft geht derselbe in Zersetzung über, und die Zelle selbst fällt zusammen: der erfrorene Pflanzenteil sieht welk aus und vertrocknet oder verfault schnell. Dieser heraustretende Zellsaft, welcher die Fäulnis einleitet, dringt durch die Micellarinterstitien und nicht etwa durch Risse der Zellwand, welche durch den Frost entstanden wären. Wohl kann in einem gefrorenen Pflanzenteile das Gewebe durch das Eis in einzelne Gruppen zersprengt werden und, was häufig zu beobachten ist, können die Oberhautzellen von dem darunter liegenden Parenchym sich abgehoben haben: aber ein Zerreifsen der einzelnen Zellen durch das Gefrieren des Wassers ist bisher selten beobachtet worden. Es fällt somit die früher allgemein und jetzt auch von Praktikern häufig genug ausgesprochene Ansicht, dafs der Frost die Pflanze durch Zerreifsen der Zellen tötet, als haltlos zusammen.

Derselbe Kältegrad kann bei derselben Pflanze einmal unschädlich, ein andermal tödlich sein, je nachdem das Auftauen einmal allmählich und ein zweites Mal plötzlich erfolgt. Dieser letztere Fall läfst sich beobachten, wenn man gefrorene Blätter oder krautartige Stengel von weichlaubigen Pflanzen mit der warmen Hand anfafst. Die Berührungsstellen werden häufig nach dem Auftauen schwarz und sterben ab. Wir kommen im folgenden auf diese Erscheinungen zurück.

Auch schnelle, starke Temperaturschwankungen innerhalb einer Skala über 0° werden nicht wirkunkslos bleiben. SACHS[1]) hat nachgewiesen, dafs jeder schnell eintretenden Hebung oder Senkung der Temperatur auch eine Hebung oder Herabstimmung der Wachstumsgeschwindigkeit folgt. Während DE VRIES keine nachteiligen Folgen von derartigen Schwankungen beobachten konnte, sah ich in extremeren Fällen Blattabwurf eintreten, namentlich wenn die Schwankungen in einer Skala stattfanden, die mehrere Grade unter 0° begann und bedeutend über 0° stieg. Dieselben Pflanzen sterben sogar, wenn sich in kurzer Zeit der Temperaturwechsel mehrmals wiederholt, wie aus den Versuchen von GÖPPERT[2]) hervorgeht. Wolfsmilchpflanzen (*Euphorbia Lathyris*) wurden aus einer Temperatur von — 4° in ein Zimmer von + 18° gebracht. Die durch den Frost mit ihrer Spitze abwärts gebogenen, an den Stengel angelegten Blätter erhoben sich alsbald und nahmen ihre normale, wagerechte Stellung wieder ein. Derselbe Vorgang zeigte sich bei einer innerhalb zweier Tage stattfindenden fünfmaligen Wiederholung des Versuches. Am dritten Tage begann das Aufrichten der Blätter nachzulassen, und nach acht Tagen waren die Pflanzen tot. Die Pflanze war hier also infolge wiederholter Einwirkung geringerer Frostgrade vernichtet, während sie im Freien in unbedecktem Zustande 10—12° Kälte längere Zeit hindurch schadlos erträgt. Ähnliche Resultate ergaben dieselben Versuche mit vielen anderen Pflanzen. Daraus erklären sich die Wahrnehmungen der Praxis, dafs geringere Kältegrade an manchen Orten Pflanzen töten, welche gleichzeitig an

[1]) Lehrbuch d. Bot., 3. Aufl., S. 638.
[2]) Über die Wärmeentwicklung in den Pflanzen usw. 1830, S. 62.

anderen Orten mit konstanteren Temperaturen eine viel gröfsere Kälte vertragen.

Göppert macht noch auf einen anderen Umstand aufmerksam, welcher zur Erklärung der vielen Widersprüche dienen kann, die sich bei Beobachtungen über die tötliche Wirkung geringer Frostgrade an solchen Pflanzen ergeben, welche stärkerer Kälte gewöhnlich trotzen. Es kommt nämlich auch darauf an, in welchen Verhältnissen sich die Pflanzen vor Eintritt des Frostes befunden haben, wie ein Versuch mit dem gewöhnlichen Kreuzkraut (*Senecio vulgaris*) und dem Strafsenrispengras (*Poa annua*) zeigt. Töpfe mit diesen Pflanzen, welche bereits eine Kälte von 9° überstanden hatten, wurden für 15 Tage in ein Gewächshaus von 12 18° Wärme gebracht. Nach dieser Zeit erfroren sie schon bei einer Kälte von 7°, während andere Exemplare derselben Arten, welche während dieser Zeit im Freien geblieben waren, sich bei schnellem Auftauen vollkommen unversehrt erwiesen. Die getöteten Pflanzen waren durch den Aufenthalt im Warmhause verzärtelt worden. Zu demselben Schlusse kommt auch Körnicke[1]) bei der Beobachtung, dafs französische Getreidevarietäten durchschnittlich weit mehr dem Froste erlegen sind als Sorten, die aus den Provinzen Preufsen und Schlesien stammten. Die längere Kultur in einem Lande mit mildem Winter hat die Varietäten weniger widerstandsfähig gemacht.

Bei sonst gleichen Verhältnissen fand Haberlandt[2]), dafs die im Warmhause bei 20—24° C erzogenen Sämlinge von Ackerbohne, Futterwicke, Möhre, Gerste, Erbse, Raps, Mohn, Rotklee, Luzerne und Lein schon bei — 6° C, Roggen und Weizen bei — 10 bis 12° erfroren, während gleichzeitig im Kalthause erzogene Pflanzen derselben Arten erst bei — 9 bis 12° C zugrunde gingen, ja Roggen und Weizen erst bei — 20 bis 24° C erfroren.

Am wenigsten leiden durchschnittlich diejenigen Pflanzen und Pflanzenteile, deren Wachstum in eine Ruheperiode eingetreten ist, und es ist bekannt, dafs trockene Samen bedeutende Kältegrade schadlos überdauern, während sie im angekeimten Zustande bei viel geringerem Frost zugrunde gehen.

Während der vegetativen Entwicklung ändert sich die Frostempfindlichkeit mit den einzelnen Phasen des Zelllebens

In aufbrechenden Blütenknospen von Apfelbäumen, die durch einen Frühjahrsfrost gelitten, fand ich nicht die jüngsten, plasmareichsten Zellen beschädigt, sondern die etwas älteren, im Stadium energischer Streckung befindlichen gebräunt, während noch ältere Parenchymzellen wiederum gesund erschienen.

Aus den bisher angeführten Fällen ersieht man, dafs es schwierig ist, bestimmte Thermometergrade als die festen Minimal- und Maximalgrenzen für die Entwicklungsfähigkeit einer Spezies angeben zu wollen. Im grofsen und ganzen ist gewifs jede Pflanze an eine bestimmte Wärmeskala gebunden, aber um einzelne Grade sind die **Grenz- und Optimalwerte verschiebbar, je nach der Kombination der übrigen Vegetationsfaktoren**, welche augenblicklich vorhanden ist und früher zum Aufbau des Individuums beigetragen hat.

---

[1]) Annalen d. Landw.; cit. in Neue landw. Zeitung v. Fühling 1871, Heft 8, S. 586 ff.

[2]) Haberlandt, Über die Widerstandsfähigkeit verschiedener Saaten. Wissensch. praktisch. Untersuchungen, Bd. I.

Andererseits ist daran festzuhalten, dafs trotz aller die Frostempfindlichkeit steigernden Vegetationsbedingungen viele Pflanzen (namentlich zahlreiche Flechten sowie Moose und Alpinen) niemals Frostbeschädigungen erkennen lassen. Wir haben diese Erscheinung damit zu erklären, dafs das Wärmebedürfnis solcher Pflanzen ein derartig geringes ist, dafs die gröfsten Temperaturerniedrigungen nicht imstande sind, jene molekularen Umänderungen der Gewebe hervorzurufen, welche eine Wiederaufnahme der normalen Lebensfunktionen verhindern.

Theorien über das Wesen der Frostwirkung.

Nachdem wir bisher die Umstände besprochen haben, die bei dem Erfrieren der Pflanzenteile modifizierend wirken, möchten wir der Theorien gedenken, welche über das Wesen der Frostwirkung aufgestellt worden sind.

Dabei kommen nicht mehr die Lähmungserscheinungen der chronischen Kältewirkungen in Betracht; denn diese sind zunächst doch normale Funktionen, die nur allmählich durch Wärmemangel sich verlangsamen, bis das Leben erlischt[1]). Anders liegt die Sache bei den akuten Fällen, bei denen wir den Tod der Kältewirkung unmittelbar folgen sehen.

Bei den akuten Frosterscheinungen wird die Eisbildung ein wesentlicher Faktor. Dieselbe tritt aber nicht bei der Temperatur ein, bei welcher das reine Wasser gefriert, sondern erst unterhalb 0°, weil der Zellsaft eine Salzlösung darstellt. Aufserdem ergaben die Beobachtungen, von denen namentlich die von Müller-Thurgau[2]) anzuführen sind, dafs Eis erst nach einer bestimmten Überschreitung des Gefrierpunktes, einer Überkältung oder Unterkühlung entsteht. Als Beispiel, wie manchmal der Unterkühlungspunkt erheblich tiefer als der Gefrierpunkt liegt, mögen einige Angaben des vorgenannten Forschers dienen.

Bei Weinbeeren erwies sich der Gefrierpunkt (*G*) bei — 3,1° C, der Überkältungspunkt (*Ü*) bei — 6,8 bis 7,8° C, bei Äpfeln und Birnen — 1,4 bis 1,9 (*G*) und — 2,1 bis 5,1 (*Ü*); Kartoffel — 1,0 bis 1,6° (*G*) und — 2,8° bis 5,6° C (*Ü*) usw.

Die Eisbildung tritt plötzlich ein; es erfolgt also in den Fällen, wo eine Überkältung stattgefunden hat, ein plötzlicher Temperatursprung. Dafs die Eisbildung nur bei bestimmten Pflanzen tötlich wirkt, zeigen unsere winterharten Pflanzen, welche, nachdem sie spröde von Eis gewesen, doch später ungehindert weiter wachsen. In anderen Fällen aber ist beobachtet worden, dafs Pflanzenteile unter bestimmten Umständen auf eine tiefere Temperatur abgekühlt werden können und am Leben bleiben, während sie bei geringerer Kälte sich erfroren zeigen, sobald Eisbildung dabei stattgefunden hat.

Dieser Eisbildung, deren Aufbau wir eingangs bereits geschildert haben, schreiben nun Müller-Thurgau[3]) und Molisch[4]) einen derartigen Wasserentzug aus der Zelle zu, dafs dieselbe daran zugrunde geht.

---

[1]) Vgl. Kunisch, H., Über die tötliche Wirkung niederer Temperaturen auf die Pflanzen. Inauguraldissertation. Breslau 1880. — Sachs, Landw. Versuchsstationen 1860, S. 196.

[2]) Landwirtschaftl. Jahrbücher 1886, S. 490.

[3]) A. a. O. S. 534.

[4]) Molisch, Über das Erfrieren der Pflanzen. Jena 1897.

Es wäre demgemäfs der Frosttod ein einfacher Vertrocknungsvorgang. Die Forscher stützen sich dabei auf den physikalischen Prozefs, dafs beim Gefrieren gequollener Colloide reines Wasser auskristallisiert und das dadurch stark austrocknende Colloid erstarrt.

Obiger Anschauung gegenüber steht unsere Ansicht, dafs der Frosttod kein spezifischer Austrocknungsprozefs ist, sondern in einer molekularen, irreparablen Zertrümmerung des Protoplasmagefüges zu suchen ist: dieselbe äufsert sich sowohl in mechanischer als auch in chemischer Form. Die Zertrümmerungstemperatur ist für jede Art, jedes Individuum, jeden Pflanzenteil und jeden Wachstumsmodus eines Pflanzenteils spezifisch, hängt aber mit der Eisbildung nicht direkt zusammen, was wir bereits aus der Menge derjenigen Pflanzen ersehen, welche Eisbildung in ihren Geweben schadlos ertragen. Man nennt diese Gewächse „eisbeständig“, und diese erfrieren erst, wenn ihre steifgefrorenen Teile unter das spezifische Minimum abgekühlt werden.

Dieses spezifische Minimum ist keine feste Gröfse, sondern steigt mit der Menge des Zellsaftes, d. h. der Kältetod tritt bei höherer Temperatur ein, und umgekehrt wird der Wasserverlust eine Steigerung der Resistenz gegen alle Faktoren zuwege bringen[1], also bei Frost den Tod erst bei niedrigerer Temperatur eintreten lassen.

An diese Vorgänge schliefst Mez[2]) folgende Betrachtungen an: Jede Lösung einer Substanz in Wasser mufs unter den Gefrierpunkt des Wassers abgekühlt werden, bevor sich Eis ausscheidet. Für verdünnte Lösungen, wie sie unter normalen Umständen im Zellsaft existieren, ist die Erniedrigung des Gefrierpunktes proportional der molekularen Konzentration (Raoult'sches Gesetz: cit. Nernst, Theoretische Chemie, 4. Aufl., 1903, S. 152). Betreffs der Lösungen osmotischer Substanzen, welche mehrere Stoffe gelöst enthalten, gilt das Dalton'sche Gesetz, wonach die Gefrierpunkterniedrigung gleich ist der Summe der Erniedrigungen, welche jeder Stoff für sich allein erzeugen würde.

Da nun jede Zelle in demselben Pflanzenteil einen von dem der anderen graduell verschiedenen Inhalt haben dürfte, so wird auch der Unterkältungspunkt des Zellsaftes ein stets wechselnder sein. Da die Zusammensetzung des Zellsaftes innerhalb der Breite der für jede Pflanzenspezies spezifischen Grenzen je nach der Ernährung schwankend ist, so wird verständlich, dafs die einzelnen Individuen verschiedene Resistenz besitzen. Auch erklärt sich damit das verschiedene Verhalten trockener Pflanzenteile gegenüber den sehr saftigen. Dafs der Tod bei den austrocknungsfähigen Samen nun auch durch die Wasserentziehung erfolgen soll, erklären sich H. Müller und Molisch in der Weise, dafs sie annehmen, es erfolge die Tötung durch die plötzliche Eisbildung in der überkälteten Pflanze, indem hierdurch eine sehr schnelle Wasserentziehung stattfände Gegen diese Hypothese spricht bereits Pfeffer[3]), bei dem wir die betreffende Literatur sehr eingehend behandelt finden, seine Bedenken aus. Unterstützt werden diese Zweifel durch die bereits erwähnten Studien von Mez. Denn die Untersuchungen desselben führen zu folgenden Resultaten. Der die Beendigung der Kristallisation anzeigende Temperaturabfall lag bei

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., S. 315, Anmerk.

[2]) Mez, Carl, Neue Untersuchungen über das Erfrieren eisbeständiger Pflanzen. Sond. Flora oder Allgem. Bot. Z. 1905, Bd. 94, Heft I.

[3]) S. das Kapitel über „Die Ursachen des Erfrierens“ in „Pflanzenphysiologie“, II. Bd., 1904, S. 314.

keinem der geprüften Objekte unterhalb — 6° C. (Die Versuche wurden mit Blattstielen von *Helleborus*, *Saxifraga* und *Strelitzia*, mit Blättern von *Sempervivum* und Sprossen von *Opuntia*, *Asparagus*, *Begonia*, *Peperomia* usw. angestellt.)

„Aller erstarrungsfähige (nicht absorbierte) Zellsaft erstarrt zwischen 0° und — 6° C. Dementsprechend tritt bei — 30° keine stärkere Austrocknung der Protoplasten infolge von Wasserentziehung bei der Eisbildung ein als bei — 6°. Eine Pflanze, welche die Eisbildung in ihren Geweben überhaupt erträgt, stirbt also nicht infolge von Austrocknung der Protoplasten, sondern infolge der Abkühlung unter das spezifische Minimum."

Wir sehen somit unseren früheren Standpunkt bestätigt, dafs nicht ein einfacher Wasserausscheidungsprozefs, sondern eine Stoffdissoziation durch die Kältewirkung hervorgebracht wird, welche die Funktionen des Lebens unmöglich macht. Es sind aber neben diesen wesentlich mechanischen Vorgängen vielfach chemische Zersetzungen im Spiele. Diese werden bald nach Unterkältung, bald ohne eine solche eingeleitet. Es braucht nicht jede Pflanze erst unterkältet zu werden, um zu gefrieren; sie erfriert aber wahrscheinlich rascher, d. h. wird zu ultraminimaler Temperatur abgekühlt, wenn das Gefrieren mit Unterkältung eintritt. Wenigstens ergibt sich dies aus Versuchen von Mez mit Stammstücken von *Impatiens parviflora*. Aus diesen Versuchen erfahren wir auch, wie sehr die Unterkühlung von der Beschaffenheit des Zellsaftes abhängig ist. Gase, gelöste Luft verhindern oder vermindern ebenso wie emulgiertes Öl, Gummi oder Pflanzenschleim die Unterkühlung. Auch sieht man, dafs in Wasser abgekühlte Pflanzenteile stets ohne oder wenigstens ohne wesentliche Unterkühlung erfrieren. Es kommt vor, dafs man Pflanzenstengel, die teilweise im Wasser stehen, so weit erfroren findet, als sie in die Luft hineinragen. Molisch prüfte die Frage experimentell, indem er Zweige von *Tradescantia zebrina* zur Hälfte in Wasser tauchen liefs; über Nacht wirkten 5° C Kälte ein. Nach langsamem Auftauen im kühlen Zimmer erwies sich die in der Luft befindliche Sprofshälfte erfroren, während die untere, in Eis steckende unbeschädigt geblieben war. Die obere, von Luft umgebene Hälfte wird sich mit Unterkältung rasch abgekühlt haben und dadurch erfroren sein. Soweit die Pflanze dagegen im Wasser steckte, ging wegen der hohen spezifischen Wärme desselben die Abkühlung langsam vor sich, und sowohl durch das gefrierende Wasser ringsum wie auch durch das Eis in den bereits gefrorenen, in der Luft befindlichen Geweben wird die Unterkühlung verhindert worden sein.

Eine Beobachtung von Müller-Thurgau, dafs in einer Miete die äufseren gefrorenen Rüben die inneren vor dem Gefrieren schützen, leitet die Aufmerksamkeit auf den speziell günstigen Einflufs der Eisbildung. Dieser Punkt wird von Mez hervorgehoben, indem er allgemein ausspricht, dafs der Übergang des Zellsaftes in den festen Aggregatzustand ohne weiteres die in der Pflanze noch erhaltenen Energien vor allzu raschem Abströmen schützt. Die Wärmeleitung in Eis ist eine viel langsamere als in Wasser, in welchem sich die Wärme durch Strömung verbreitet.

Die Gefahr des Erfrierens, also einer Temperaturerniedrigung auf das spezifische totbringende Minimum kann somit durch die Nebenumstände teils gefördert, teils gemindert werden. Die Minderung liegt in der Benutzung der spezifischen Wärme des Wassers, wie wir

bei den Frostschutzmitteln noch erwähnen werden, ferner in der Eisbildung selbst, welche doch schon beim Nullpunkt oder dicht unter demselben eintritt, während der Tod erst bei tieferer Temperatur sich einstellt, endlich aber in der Änderung des Zellsaftes, indem ein gröfserer Reichtum an Öl, Gummi und Schleim verzögernd wirkt.

Die Steigerung der Gefahr des Erfrierens liegt in allen Umständen, die das Eintreten der tötlichen Unterkühlung beschleunigen.

So kann beispielsweise der von der Kräftigkeit der Ernährung abhängige anatomische Bau des Individuums schon mitsprechen. Bei sehr üppigem Wachstum sind die Lumina der Zellen und Gefäfse weiter und die Intercellularen gröfser. Je weiter aber ein Gefäfsrohr gebaut, desto mehr kommt die Gefrierpunkterniedrigung durch die Kapillarität in Wegfall. Diesen Umstand finden wir von Bruijning[1]) hervorgehoben. Derselbe fand, dafs Taxusblätterextrakt in engen Kapillaren seinen Gefrierpunkt bei — 8,8° C habe, während derselbe im offenen Reagensglase bei — 1,3° gefror.

Aufser dem gröfseren Wasserreichtum des Gewebes kommen noch die Luftbeschaffenheit (Feuchtigkeitsgehalt) und Luftbewegung in Betracht. In letzterer Beziehung sei an die vielfache Erfahrung erinnert, dafs in geschützten Lagen (geschlossenen Tälern, waldumgebenen Feldern usw.) Pflanzen erfrieren, die in der windzugänglichen Umgebung unbeschädigt bleiben.

Zur Erklärung dieses Umstandes werden wir daran zu denken haben, dafs die bewegte Luft die Verdunstung steigert und den Zellsaft konzentrierter macht. Bei stärkerer Verdunstung wird schneller Eisbildung eintreten, also die Unterkältung vermieden und gleichzeitig der Schutz des freien Wärmerestes in den Geweben herbeigeführt.

In der Verhinderung der Unterkühlung durch aufgelagertes Eis dürfte auch der Vorteil der „rauhen Furche“, die den Schnee länger hält, für das Wintergetreide zu suchen sein.

Auch Nebel werden schützend wirken. Ein neueres Beispiel dafür finden wir in der Beobachtung von Thomas[2]), der in Thüringen auf den in Nebel gehüllten Höhen das junge Buchenlaub unbeschädigt fand, während dasselbe in den Tälern infolge der Frostwirkung sich gebräunt und welk erwies. Es war in diesem Falle eine deutliche Grenzlinie bemerkbar. Die Wolkenbedeckung in den Bergwäldern ist ein nicht zu unterschätzendes Frostschutzmittel.

Wir wollen nun noch einmal darauf zurückkommen, dafs in manchen Fällen ein schnelles Auftauen gefrorener Pflanzenteile den Tod herbeiführt, während eine langsame Erwärmung das Leben erhält. Über die Richtigkeit dieser Behauptung wird vielfach gestritten. Spricht man dieselbe als allgemeine Regel aus, so erscheint sie unzutreffend, beschränkt man sie dagegen auf gewisse Fälle, dann hat sie sicherlich ihre Gültigkeit. Ein älteres, sehr lehrreiches Beispiel liefert Karsten[3]). Eine gröfsere Sendung von Baumfarnen (*Balantium*) hatte auf der Reise 20° Kälte zu überstehen. Die bei der Ankunft in noch gefrorenem

---

[1]) Bruijning, F. F., Zur Kenntnis der Ursache des Frostschadens. Sond. Wollny's Forschungen auf dem Gebiete d. Agrikulturphys. 1896; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1898, S. 173.

[2]) Thomas, Fr., Scharfe Horizontalgrenze der Frostwirkung an Buchen. Thüringer Monatsblätter 1904, 12. Jahrg., No. 1.

[3]) Über die Wirkung plötzlicher bedeutender Temperaturänderung usw. Bot. Z. 1861, Nr. 40.

Zustande ins warme Haus gebrachten Pflanzen waren getötet, während die zuerst in kaltes Wasser zum Auftauen gelegten Stämme, die nachher in ein kaltes Haus kamen, fast alle am Leben blieben. Daraus geht hervor, daſs nicht der Frost, sondern das schnelle Auftauen die Todesursache gewesen ist.

Für reife Kernobstfrüchte hat Müller-Thurgau, für das Blatt von *Agave americana* hat Molisch erwähnt, daſs diese Objekte nach mäſsigem Gefrieren bei sehr langsamem Auftauen am Leben erhalten worden sind, während sie bei raschem Auftauen absterben können.

Gefrorene Blätter der krautigen Cinerarien faſste ich mit der Hand derartig an, daſs nur die Fingerspitzen auf der Blattfläche lagen. Die an ihrem Standort belassenen Pflanzen zeigten nach dem Auftauen nur die Fingerdruckstellen erfroren. Nach den Erfahrungen der Gärtner sind es besonders die zartlaubigen, saftreichen, in den Glashäusern herangezogenen Frühjahrsblüher (Cinerarien, krautige Calceolarien usw.), welche nach einer Frostnacht durch möglichste Verlangsamung des Auftauens gerettet werden können.

Bei völlig eisbeständigen Pflanzen scheint dagegen die Schnelligkeit des Gefrierens und Auftauens keinen Einfluſs auf das Leben auszuüben.

Zur Erklärung des Sachverhaltes werden zwei Punkte heranzuziehen sein. Erstens werden bei dem schnellen Auftauen sich dieselben Vorgänge abspielen, die z. B. bei dem Verdunsten der flüssigen Kohlensäure eintreten, wobei bekanntlich die Bildung fester Kohlensäure stattfindet. Die Schmelzwärme wird bei schnellem Auftauen nicht nur der Umgebung, sondern auch den tieferen Schichten des Pflanzenteils entnommen, und diese werden dadurch noch mehr abgekühlt. Bei solchen Gewächsen, bei denen der kritische Punkt, d. h. das spezifische Minimum, nahe unterhalb des Gefrierpunktes liegt, kann dieser bei schnellem Auftauen gesteigerte Wärmeentzug den Tod herbeiführen.

Der zweite zu berücksichtigende Vorgang besteht in der Unmöglichkeit der Zellmembranen, aus denen Eis herauskristallisiert ist, die plötzlich durch schnelles Auftauen entstandenen groſsen Mengen von Schmelzwasser aufzusaugen. Das Wasser bleibt in den Intercellularen und verdunstet, ohne daſs es der Zelle des Blattes gelingt, den nötigen Turgescenzzustand wieder zu erlangen. Daher die Methode der Gärtner, die vom Spätfrost getroffenen Pflanzen vor der aufgehenden Sonne zu schützen.

Betrachten wir schlieſslich vom Standpunkt der hier vorgetragenen Mez'schen Theorie die natürlichen Vorgänge der herbstlichen Stoffumwandlungen. Wenn sich die Pflanzen für den Winter vorbereiten, sammeln sie die gröſste Menge der Reservestoffe und erreichen, je nach ihrer Individualität, zu verschiedenen Zeiten ein Maximum. Bei *Pinus austriaca* fand beispielsweise Leclerc du Sablon[1]) dasselbe im Mai, bei dem früher wieder austreibenden Spindelbaum im März; bei den laubabwerfenden Gehölzen ist das Maximum bereits im Herbst vorhanden. Bei den immergrünen Pflanzen verbleiben die Reservekohle-

---

[1]) Leclerc du Sablon, Über die Reservekohlehydrate der Bäume mit ausdauernden Blättern. Compt. rend. 1905, S. 1608; cit. Centralbl. f. Agriculturchemie 1906, S. 322. — Fabricius, L., Untersuchungen über Stärke- und Fettgehalt der Fichte usw. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstwirtschaft 1905, S. 137.

hydrate reichlich in den Blättern[1]), deren Tätigkeit auf ein Minimum reduziert erscheint, da ihre Spaltöffnungen dauernd sich schliefsen. Diese Reservestoffe werden tunlichst gegen Frostgefahr geschützt. Teils wandert die Stärke in die geschützten zentralen Teile der Achse (Markkörper, Markstrahlen, Parenchymholz), teils verwandelt sie sich in Zucker, oder es tritt fettes Öl an ihre Stelle. Bei den Fichtennadeln im Gebirge sieht man die Substanz der Chloroplasten verfliefsen, und der Zellinhalt bildet im Winter eine gleichartige plasmatische Masse mit reichlichen Öltröpfchen. Diese Umwandlung hat Lidforss[2]) für alle grünen Zellen wintergrüner Gewächse nachgewiesen; im Frühling erfolgt Rückbildung der Stärke.

Dieses Fortschaffen fester Körper aus der Zelle bei Eintritt des Winters stellt sich nach Mez als eine vorteilhafte Einrichtung bei den eisbeständigen Pflanzen dar. Er nennt die flüssigen Stoffe „thermisch aktive“, denn sie lassen bei der Kristallisation Wärme frei werden. Die festen Bestandteile dagegen folgen retardierend der Temperatur der Flüssigkeiten; sie sind „thermisch passiv“ und wärmezehrend, da sie bei Eintritt der Eisbildung, die durch den Temperatursprung vom Unterkühlungspunkt nach dem Nullpunkt hin angezeigt wird, ihre Wärme relativ rasch abgeben. Dieser Umstand bewirkt, dafs bei Anhäufung fester Körper in den Zellen die Schmelztemperatur des Zellsaftes nach stattgehabter Unterkühlung nicht erreicht werden kann. Eine grofse Menge thermisch passiver Bestandteile bildet daher eine Gefahr für die Pflanze, während die flüssigen, thermisch aktiven Körper als Wärmeerzeuger sich vorteilhaft erweisen. Wir unterscheiden seit den Untersuchungen von A. Fischer (Jahrb. f. wiss. Bot. 1891, S. 155; cit. von Pfeffer a. a. O. S. 317) Öl- und Stärkebäume, je nachdem dieselben ihre Stärke in Öl verwandeln oder sie in das Innere ihrer Achse wandern lassen und in der Rinde in Zucker umsetzen. Das fette Öl der Fettbäume (Nadelhölzer, Birke), das wir durch Jonescu als Schutzmittel gegen Blitzschlag kennen gelernt haben, wirkt neben seiner Eigenschaft, die Unterkühlung zu vermindern, ebenso wie der Zucker thermisch aktiv, d. h. als Wärmespeicher für den Fall der Kristallisation. Die Bäume, welche nun ihre gesamte Stärke in Öl umsetzen, dürften höhere Kältegrade zu ertragen geeignet sein (Nadelhölzer) als die, bei denen ein Teil Stärke zurückbleibt und nur in der Rinde zu Zucker wird (Mehrzahl der Laubhölzer). Dieser Umstand spricht sicherlich bei der Erscheinung mit, dafs Nadelhölzer und Birke am weitesten in die kalten Regionen hineinreichen.

Störungen durch Erkältung.

Bei den Topfkulturen in den Gewächshäusern kommen Fälle vor, dafs Pflanzen durch den Transport aus einem Glashause in ein anderes leiden, falls sie dabei eine kurze Zeit, bisweilen nur wenige Minuten, einer Temperatur unter Null ausgesetzt worden sind. Die praktischen Gärtner behaupten, dafs „die Pflanzen sich erkältet haben“.

In neuester Zeit ist Moebius[3]) dieser Angabe näher getreten und

---

[1]) Simon, Der Bau des Holzkörpers sommer- und wintergrüner Gewächse usw. Ber. d. D. Bot. Ges. 1902, S. 229.

[2]) Lidforss, Zur Physiologie und Biologie der wintergrünen Flora. Bot. Centralbl. 1896, S. 33.

[3]) Möbius, M., Die Erkältung der Pflanzen. Ber. d. D. Bot. Ges. 1907, Bd. XXV, H. 2, S. 67.

hat durch Versuche obige Behauptung bestätigen können. Er nahm z. B. eine *Begonia metallica* aus dem Warmhause, trug die Pflanze 1 bis 2 Minuten im Freien bei einer Temperatur von — 5° C. umher und stellte sie dann wieder an ihren früheren Ort. Noch an demselben Tage bemerkte er auf einigen älteren Blättern neuentstandene braune Flecke; später bekamen diese Blätter „ein glasiges dunkles Aussehen, hingen herab und vertrockneten". Junge Blätter litten nicht. Derartige Verfärbungs- und Welkerscheinungen wurden bei anderen ähnlichen Versuchen beobachtet und sind auch im wesentlichen die Merkmale, welche von den Praktikern als Folgen der Erkältung angegeben worden sind. Dafs es sich hier nicht um eine Eisbildung in den Geweben handeln kann, hebt Moebius bereits hervor. Ich kann den Beweis dafür durch einen Versuch erbringen, den ich mit *Begonia argyrostigma* angestellt habe; von derselben wurde ein Topf aus dem Warmhause erst ins Freie gebracht, nachdem die Temperatur auf 0,5° C über Null gestiegen war. Binnen kurzer Zeit sah ich auf einigen Blättern glasige Flecke auftreten.

Nach den im vorliegenden Kapitel an verschiedenen Stellen niedergelegten Versuchsergebnissen sehe ich in dem Welken und Glasigwerden einzelner Blätter bei scharfen Temperatursprüngen die Folgen plötzlicher Spannungsdifferenzen in den Geweben. Die Zusammenziehung der Zellen infolge der starken Abkühlung wird stellenweis ein Herauspressen von Wasser in die Intercellularräume veranlassen; aufserdem wird der Unterschied der im Blattorgan vereinigten verschiedenen Gewebeformen zur Geltung kommen. Wir verweisen in dieser Beziehung auf den späteren Abschnitt über Frostblasen, wo Epidermisabhebungen und Gewebeablösungen verschiedener Art beschrieben werden.

Der praktische Züchter hat jedenfalls im Auge zu behalten, dafs bei einem Transport von Pflanzen aus warmen Häusern die Möglichkeit einer Erkältung selbst dann gegeben ist, wenn die Pflanzen nur wenige Minuten einer Frosttemperatur dabei ausgesetzt werden. Da der schroffe Temperaturwechsel vermieden werden mufs, so wird eine Umhüllung der Töpfe mit Leinwand oder Papier für alle Fälle anzuraten sein.

B. Spezielle Fälle der Frostwirkungen.

Süfswerden der Kartoffeln.

Bei der bekannten Erscheinung, dafs Kartoffeln bei Eintritt schwacher Kältegrade süfs werden, beobachteten bereits Göppert[1]) und Einhof[2]), dafs sich individuelle Verschiedenheiten geltend machten. Unter denselben Verhältnissen wurde nur ein Teil der Knollen süfs, und diese blieben weich, während die anderen erstarrten. Brachte man Kartoffeln schnell in gröfsere Kälte (etwa 10°), so gefroren sie sämtlich, ohne Zuckerbildung zu zeigen. Nur bei Temperaturen, die wenig unterhalb des Gefrierpunktes lagen, liefs sich ein Süfswerden beobachten. Müller-Thurgau fand, dafs diese Veränderung sich nur bei Kartoffeln einstellte, die schon mindestens einen Monat aus der Erde genommen worden waren; bei frisch geernteten Knollen liefs sie sich nicht hervor-

[1]) Wärmeentwicklung, S. 38.
[2]) Neues allgem. Journ. f. Chemie. Berlin 1805, S. 473.

rufen. Wahrscheinlich ähnliche Erfahrungen führten PAYEN[1]) zu dem Schlusse, dafs schon vor der Frosteinwirkung die Knollen bereits wieder in Vegetation eingetreten sein dürften, wenn sie Zuckerbildung aufweisen.

Die von EINHOF und GÖPPERT gefundene Tatsache, dafs bei höheren Kältegraden die Kartoffeln erfrieren, ohne süfs zu werden und die süfs gewordenen weich geblieben waren, erklärt sich nach den Experimenten von MÜLLER-THURGAU[2]) in einfacher Weise. Dieser Forscher fand, dafs die Kartoffelknolle erst bei — 3° erfriert. Allerdings liegt ihr eigentlicher Gefrierpunkt schon etwa bei — 1° C; aber die Zellsäfte müssen erst bis auf 2—3° unter den Gefrierpunkt abgekühlt, d. h. „überkältet“ werden, bevor zwischen den Zellen die ersten Eiskristalle sich bilden können. Natürlich aber wirkt eine Temperaturerniedrigung auf 0 bis — 2° auch schon lähmend auf viele Lebensprozesse ein. Unter diesen sind es zwei, welche hier wesentlich in Betracht kommen, nämlich ein Vorgang, bei welchem Stärke in Zucker umgewandelt wird und ein Zuckerverbrauchsprozefs. Man kann annehmen, dafs der Zucker von dem Protoplasma der Zelle teils veratmet, teils (während der Vegetationszeit) zur Regeneration des Plasmas und zur Stärkerückbildung verbraucht wird. MÜLLER-THURGAU fand in der Tat[3]), dafs süfse Kartoffeln nach einem Aufenthalte in Temperaturen von 20—30° ihren Stärkegehalt auf Kosten des verschwundenen Zuckers erhöht hatten. Bei einer Temperaturerniedrigung auf 0° bis herab auf — 2° nimmt der Veratmungsprozefs (und höchstwahrscheinlich auch der Regenerationsprozefs des Protoplasmas) ab, während die Umwandlung der Stärke in Zucker nicht so schnell zurück geht. Infolgedessen wird der Zucker in der Knolle angehäuft und diese Ansammlung auch durch den Geschmack bemerkbar; sie beträgt etwa 2,5 % der Frischsubstanz; doch sind verhältnismäfsig grofse Schwankungen bei verschiedenen Individuen derselben Varietät vorhanden. Ein höherer Wassergehalt der Knollen begünstigt das Süfswerden. Dieser Zuckerzunahme entspricht eine Stärkeabnahme; jedoch ist nach den Analysen von CZUBATA[4]) kein entsprechendes Verhältnis zwischen beiden Vorgängen nachweisbar. Nach CZUBATA geht ein Teil der Eiweifsstoffe aus dem unlöslichen Zustande in den löslichen während des Gefrierens über. MÜLLER nimmt an, dafs das betreffende Ferment bei niedriger Temperatur sich vermehrt.

Werden Kartoffeln, welche süfs geworden sind, einige Tage in einen Raum gebracht, der mehr als 10° Wärme hat, dann hebt sich der Atmungsprozefs, und der Zucker wird verbrannt, d. h. die Kartoffeln werden entsüfst und auf diese Weise für den Haushalt wieder brauchbar. Andere vorgeschlagene Mittel, wie z. B. das Auslaugen der Knollen durch Wasser, führen nicht zum Ziel. Aufserdem ist aber noch hervorzuheben, dafs man süfs gewordene Kartoffeln auch unbesorgt zur Aussaat benutzen kann. Süfs gewordene Kartoffeln erfrieren erst bei höheren Kältegraden als nicht süfs gewordene Knollen[5]).

---

[1]) s. CZAPEK, FR., Biochemie der Pflanzen. Fischer, Jena, T. I, S. 371. Dort auch Notizen über ältere Literatur.

[2]) MÜLLER-Thurgau, Ein Beitrag zur Kenntnis des Stoffwechsels in stärkehaltigen Pflanzenorganen. Botanisches Centralbl. 1882, Nr. 6.

[3]) Landwirtsch. Jahrb. 1883, S. 807.

[4]) CZUBATA, Die chemischen Veränderungen der Kartoffeln beim Frieren und Faulen. Öster.-Ungar. Brennerei-Zeitung 1879; cit. in Biedermanns Centralbl. 1880, I, S. 472.

[5]) MÜLLER-THURGAU, Landwirtsch. Jahrb. 1883, S. 826.

Anhangsweise möchte ich hierbei noch eine mir mündlich gemachte Mitteilung anschliefsen, dafs in Reinerz ein im Gestein liegender Keller existieren soll, in welchem die Kartoffeln auch ohne Frosteinwirkung süfs werden. Man schreibt diese Erscheinung einer starken Exhalation von Kohlensäure zu. Experimentell ist es mir nicht gelungen, binnen zwei Tagen eine Zuckervermehrung durch Aufenthalt der Knollen in einer Kohlensäure-Atmosphäre nachzuweisen; indes wäre es wohl möglich, dafs nach längerer Zeit sich erst ein Einflufs geltend machen dürfte. Die Angabe gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch eine Arbeit von Bachet[1]) und Savalle, wonach durch die Anwendung von Kohlensäure bei etwas erhöhter Temperatur und gröfserem Druck Stärkemehl schnell in Dextrin und Traubenzucker umgewandelt wurde, namentlich wenn man den Prozefs der Saccharifikation durch Beigabe von Kleber erleichterte. Man kann annehmen, dafs durch reiche Kohlensäurezufuhr zu den Kartoffelknollen in dem vorerwähnten Falle aus Reinerz der natürliche Atmungsprozefs ebenfalls wie durch niedere Temperatur herabgedrückt worden ist und der nach Müller noch bis zu einer Temperaturhöhe von $+ 10^{0}$ nachweisbare Zuckerbildungsprozefs eine langsame Anhäufung des Zuckers verursacht hat. Die Entstehung von Saccharose bei der Keimung nach einer Temperaturerhöhung beweisen die Versuche von Marcacci[2]) mit Kartoffelscheiben, die an der Sonne und im Ofen getrocknet wurden. Bei dem Austreiben der Knollen findet sich in den jungen Trieben und später in den Blättern Saccharose (wahrscheinlich durch Hydratation der Stärke).

Dafs die Verwendungsmethoden für süfse Kartoffeln, die im äufseren Ansehen von den gesunden, nicht süfsen selten unterscheidbar sind, durchaus nicht auf gefrorene, also vereiste anzuwenden sind, ergibt sich aus dem Vorstehenden von selbst. Eine Knolle, die einmal hart gefroren gewesen, ist tot und fällt bei dem Auftauen sofort hochgradiger Zersetzung anheim. Die Knolle wird weich, läfst Wasser austreten, wird an der Schnittfläche sofort braun, falls dieselbe nicht alsbald mit einer Säure überstrichen wird. Die Schale löst sich bald blasig unter Gasentwicklung vom Fleische, dessen Rindenzellen unterhalb der Korkschale durch Auflösung der Intercellularsubstanz sich lockern. Das Plasma ist braun und körnig und von der Zellwand zurückgezogen, die Proteïnkristalle sind dunkelbraun; der Saft ist stark sauer.

Schofsrüben.

Mit diesem Namen bezeichnet man solche Exemplare von Zucker- und Futterrüben, welche bereits im ersten Sommer in Samen schiefsen. Die Erscheinung ist in manchen Jahren sehr häufig und bei der Ernte und Verarbeitung des Rübenkörpers störend, da der Wurzelkörper holziger als bei den zweijährigen Rüben ist. Über die Ursache der Erscheinung gehen die Meinungen auseinander. Sie bewegen sich in zwei Richtungen, indem einerseits die Beschaffenheit des Saatgutes, andrerseits die Witterungsverhältnisse und namentlich Frühjahrsfröste dafür verantwortlich gemacht werden. In Rücksicht darauf, dafs man tatsächlich in Jahren, in denen Spätfröste die jungen Rübenpflanzen getroffen haben, besonders viele „S c h o s s e r“ oder „T r o t z e r“ findet,

---

[1]) Nach Compt. rend. 1878; cit. in Biedermanns Centralbl. 1879, S. 554.

[2]) Marcacci, A., Sui prodotti della transformazione dell' amido. cit. Bot. Jahresb. 1891, I, S. 47.

und gestützt auf die nachher zu erwähnenden Versuche von Aderhold mit Kohlrabi, reihen wir vorliegenden Kulturrückschlag an dieser Stelle ein.

Aus der reichen Literatur über Zuckerrüben führen wir nur eine Arbeit an, da dieselbe neuere wissenschaftliche Untersuchungen bringt und kurz referierend die älteren Erfahrungen aufzählt. Andrlik und Mysik[1]) kommen auf Grund zahlreicher Analysen zu dem Ergebnis, dafs das Gewicht einer Schofsrübe bald kleiner bald gröfser als das der normalen Rübe sein kann. Die Wurzel der Schofsrübe ist ärmer an Kali, Phosphor- und Schwefelsäure sowie an Ammoniak- und Amidstickstoff. Der Saft ist reiner. Von der durch die Schofsrübe gebildeten organischen Substanz betrug der Zuckergehalt nur 45—50 %, bei der normalen Rübe 54—69 %. „Der gröfste Teil der zuckerfreien organischen Substanz entfiel auf das Mark, also die das feste Gerippe der Pflanze bildenden Bestandteile . . . . “. „Die Markbildung erfolgte wahrscheinlich auf Kosten des Zuckers.“

Wir ersehen, dafs die Rübenpflanze ihren angezüchteten Wachstumsmodus, im ersten Jahre nur Reservestoffe im Wurzelkörper zu speichern und dieselben im folgenden Jahre zur Samenbildung zu verwerten, geändert hat und die durch den Blattapparat erarbeitete organische Substanz sofort weiter verwendet.

Dieser Umstand weist darauf hin, dafs der bei der Kulturrübe normale Vorgang der unausgesetzten Bildung neuer Blätter eine Störung erfahren hat. Die Vegetation hat für einige Zeit einen Stillstand erlitten, gleichsam eine Ruheperiode durchgemacht, die der winterlichen Ruhe eines normal ausgereiften Rübenkörpers entsprechen würde. Das neu mobilisierte Reservematerial wird hier wie dort nach dem Wachstumsstillstand zur Produktion des Blütenstandes verwendet. Dafs Spätfröste einen solchen Wachstumsstillstand hervorzurufen vermögen, ist wohl begreiflich; sie werden um so mehr eine Samenstengelbildung anregen, je später im Jahre sie eintreten, und je mehr die nachfolgende Witterung die Ausbildung eines Blütenstandes begünstigt. Ist das der Frostnacht folgende Wetter dagegen ganz besonders für die Laubentwicklung geeignet, kann die begonnene Streckung der Achse zum Stillstand kommen und die Ausbildung des Rübenkörpers fortschreiten. In grofsen Zuckerrübenfeldern findet man in der Regel Schofser und derartige Mittelformen. Sicherlich kann diese Neigung zum Schossen durch Samen vererbt, vielleicht auch schon im Saatgut von normalen Rüben vorbereitet werden, wenn dasselbe nicht genügend ausgebildet, also z. B. unreif geerntet worden ist.

Den experimentellen Beweis über die Bildung von „Schossern“ infolge von Frostwirkung hat Aderhold[2]) bei Kohlrabi geliefert. Er hatte Sämlingspflanzen in Töpfen 8—12 Stunden in einen Gefrierraum gebracht und dann dieselben mit anderen nicht vom Frost beeinflufsten ausgepflanzt. Bei einem Versuch erhielt er z. B. von 18 unbehandelten Pflanzen zwei Schosser und von derselben Anzahl von Exemplaren, welche im Mai 10 Stunden hindurch einer Kälte von — 2 ° bis — 6,5 ° C ausgesetzt gewesen war, sieben Schosser. In beiden Fällen überwanden

[1]) Schofsrübe und normale Rübe. Blätter f. d. Zuckerrübenbau 1905, Nr. 24, S. 374.

[2]) Aderhold, R., Über das Schiefsen des Kohlrabis. Mitt. d. K. Biolog. Anst. 1906, Nr. 2, S. 16.

später einzelne Kohlrabi den Stofs der Frostwirkung und setzten noch einen Rübenkörper an.

Dafs solche vorzeitige Blütenstengelentwicklung auch bei anderen, fleischige Reservestoffbehälter bildenden Pflanzen (Sellerie, Mohrrüben, Rettichen) in manchen Jahren reichlich auftritt, ist bekannt. Dafs dabei nicht immer der Frost, sondern auch andere Hemmungsvorgänge wirksam sein können, ist sehr wahrscheinlich.

Frostgeschmack der Weinbeeren.

Die Vorgänge, welche bei dem Süfswerden der Kartoffeln eintreten, vollziehen sich auch bei den Holzgewächsen. Pfeffer[1]) erwähnt in dieser Beziehung die Untersuchungen von Fischer[2]) über die Schwankungen zwischen Stärke und Zucker bei den sogenannten Stärkebäumen wie Linde und Birke[3]). Bei der Überführung von Zweigen im Winter aus dem Freien in das warme Zimmer bildet sich binnen wenigen Stunden in den Rindenparenchymen Stärke aus, welche in der Kälte wieder in Zucker übergeht. Eine ähnliche Zuckerbildung verbunden mit Abnahme der organischen Säuren sehen wir nach Frostwirkung bei den Weintrauben eintreten.

Selbst solche Trauben, die noch nicht ausgereift waren, und die zwar in ihrem Hauptstiel vom Frost angegriffen, aber im Kamm noch grün und in den Beeren noch klar waren, zeigten eine bedeutende Säureabnahme und Steigen des Zuckergehaltes[4]). Betreffs der Verminderung der Säuren ergab eine Untersuchung von Rieslingtrauben am Stocke, die vom 19. Oktober bis 9. November einer Kälte bis zu 5° C ausgesetzt gewesen, eine Säureabnahme um 4%. Abgeschnittene, halbreife, vom Frost stark beschädigte Trauben zeigten vom 1.—11. Oktober einen Verlust von 4,5% an Säure.

Der Frostgeschmack scheint aber nicht auf der Zuckerzunahme und Säureabnahme allein zu beruhen, sondern es werden vielleicht noch Stoffverbindungen aus den Beerenstielen diffundieren, die das Protoplasma der Zellen ohne die Frostwirkung nicht hindurchgelassen hätte. Es dürfte durch diese Veränderungen die Empfänglichkeit der Trauben für den Weifsfäulepilz gesteigert werden, da Viala und Pacottet[5]) nachgewiesen haben, dafs dieser Pilz nur bei hohem Zucker- und geringem Säuregehalt die Beeren zu infizieren vermag. Der Black-rot verhält sich gerade umgekehrt.

Veränderungen an Blütenorganen.

Bei der Einwirkung des Frostes treten bald die chemischen, bald die mechanischen Vorgänge in den Vordergrund. Bei den ersteren ist es schwierig zu entscheiden, inwieweit dieselben sich schon während des Gefrierens einleiten oder erst bei dem Auftauen beginnen. So hat beispielsweise Göppert[6]) bei den Blumen von *Phajus* und *Calanthe*

---

[1]) Physiologie, 2. Aufl., I, S. 514.

[2]) Jahrb. f. d. wiss. Bot. 1891, Bd. 22.

[3]) Über die Periodizität der Stärkezu- und abnahme in den Bäumen. Vergl. Mer, E. in Bot. Jahresb. 1891, I, S. 46.

[4]) Biedermanns Centralbl. 1879, I, S. 233.

[5]) Viala, P. et Pacottet, Sur la culture du black-rot. Compt. rend. 1904, CXXXVIII, S. 306.

[6]) Über Einwirkung des Frostes auf die Gewächse. Sitzungsber. d. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur 1874 cit. Bot. Zeit. 1875, S. 609.

ein Blauwerden derselben beim Gefrieren beobachtet und diese Farbenänderung dadurch erklärt, dafs durch die Frostwirkung eine Oxydation des in den sonst farblosen Zellen enthaltenen, namentlich um die Gefäfsbündel herum reichlichen Indicans zu Indigo stattfinde. PRILLIEUX [1]) gibt an, dafs diese Veränderung erst bei dem Auftauen eintrete. In ähnlicher Weise schwankend sind auch anderweitige Angaben über das Verhalten der Blütenfarbstoffe, und man kann im allgemeinen nur sagen, dafs der rote Farbstoff zu den widerstandsfähigsten gehört, ja nach GÖPPERT [2]), der viele Beobachtungen über die durch Frost hervorgerufenen Farbenerscheinungen gesammelt hat, sich an Blättern und Blüten durch schwache Frostwirkungen noch steigern kann.

Am häufigsten und darum am bedeutsamsten sind die Froststörungen an den Blüten unserer Obstgehölze. Für die Praxis ist es allerdings gleichgültig, in welcher Weise der Verfärbungsvorgang verläuft. Wissenschaftlich aber dürfte es von Interesse sein, die Frostwirkung genauer kennen zu lernen. Da wir aber bei den natürlichen Frühjahrsfrösten nicht feststellen können, welches die ersten Frostwirkungen und welches nachträgliche Veränderungen sind, habe ich künstliche Fröste auf Apfelblüten einwirken lassen.

Nachdem ein blühender Apfelzweig während zwei Stunden einer Temperatur von — 4 ° C ausgesetzt worden war, ergab die sofort nach dem Abheben des Gefrierzylinders vorgenommene Untersuchung, dafs die sämtlichen Blumenblätter wie einzelne Stellen der Laubblätter eine glasige Beschaffenheit angenommen hatten.

Bereits nach wenigen Minuten (die Lufttemperatur betrug + 11 ° C) begann ein Erschlaffen und Braunwerden der glasig gewesenen Teile. Die Braunfärbung der Blattorgane ist also nicht direkte Wirkung der Kälte, sondern eine erst bei dem Auftauen sich geltend machende Erscheinung. Die in ihrer natürlichen Färbung unterseits rötlich angehauchten Blumenblätter wurden braunadrig und fleckig. Der Rand fing alsbald an zusammenzusinken und zu vertrocknen. Der Querschnitt zeigte, dafs die Verfärbung weniger auf einer Bräunung der Zellwandungen als des Zellinhaltes beruhte, indem dieser rotgelbe bis braungelbe, zusammenhängende, meist in der Längsrichtung der Zellen sich lagernde Massen ausscheidet, die an Karotin erinnern. Die einzelnen Zellschichten des Blumenblattes zeigten ein verschiedenes Verhalten. Die ausgeschiedenen gelben Massen waren namentlich reichlich unterhalb der farblos und in ihrer natürlichen Höhe verbliebenen Epidermis zu finden. Aufserdem zeigten die Parenchymzellen, welche die Gefäfsbündel der feinen Nerven begleiten, diese Ausscheidungen besonders ausgeprägt. Durch letzteren Umstand kam es, dafs gerade die Aderung des feinen Blumenblattes dem blofsen Auge auffällig braun erschien. Bei dem schnell fortschreitenden Vertrocknungsprozesse sanken die Zellen des Mittelfleisches zusammen, während die Oberhautzellen in ihrer natürlichen Höhe verblieben.

Fig. 103 gibt ein Bild von einem Teile des Blumenblattes bald nach dem Herausnehmen aus dem Gefrierzylinder. Wir sehen das Blatt noch in seinen natürlichen Dimensionen mit den grofsen Intercellularräumen (*i*) zwischen den äufserst zartwandigen Blattfleischzellen und

---

[1]) Bot. Zeit. 1871, No. 24. — Bull. de la Soc. bot. de France 1872, S. 152.

[2]) KUHNISCH, H., Über die tödliche Wirkung niederer Temperaturen auf die Pflanzen. Inauguraldissertation, S. 29. Breslau 1880.

mit der unveränderten Epidermis (*e*). Die Verfärbung durch die gelbbraunen, zusammengezogenen Inhaltsmassen (*b*) ist am intensivsten in der Umgebung des Gefäſsbündels (*g*) und zwar besonders auf der Unterseite des Blumenblattes. Im Gefäſsbündel sind die engen Spiralgefäſse gebräunt.

In anderer Weise war der Bräunungsvorgang bei den Staubgefäſsen verlaufen. Nach dem Herausnehmen aus dem Gefrierzylinder erhielten sie sich noch anscheinend unverändert, als die Blumenblätter schon zu welken anfingen. Erst später wurden die Staubfäden gelbbraun und die Staubbeutel bleichgelb. Der Querschnitt durch den Staubfaden zeigte, daſs die Braunfärbung wesentlich durch die inhaltsreiche Epidermis bedingt wurde. Zwar erschien in allen Geweben der Zellinhalt tropfig bis klumpig zusammengezogen und braun, aber die Substanzmenge in den inneren Zellen war so gering, daſs die Färbung des gesamten Gewebes eine mattere blieb. Die Spiralgefäſse waren wie bei den Blumenblättern leicht braunwandig. Bei den Staubbeuteln hing die Verfärbung ebenfalls von der Menge des Zellinhaltes ab. Derselbe fand sich im Connektiv am reichlichsten, und dieses erschien

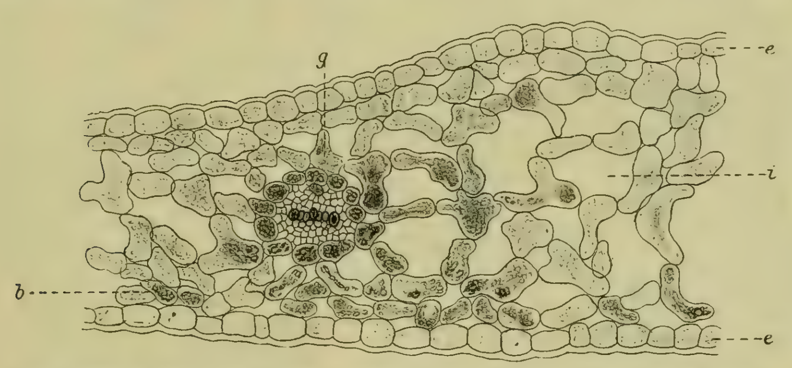


Fig. 103. Durch künstlichen Frost beschädigtes Blumenblatt eines Apfels. (Orig.)

daher am tiefsten gebräunt, während die Staubbeutel selbst in ihrer Epidermis und den darunter liegenden palisadenartig geordneten Faserzellen nur äuſserst spärlich feste Inhaltsmassen aufwiesen und daher nahezu farblos erschienen. Die Reste des Grundgewebes in der Nähe des Connektivs waren etwas dunkler.

Die schwersten Beschädigungen zeigten die Griffel, die schon bei dem Verlassen des Gefrierzylinders tiefbraun und verbogen aussahen. Ein Zusammensinken des Gewebes war zunächst nirgends bemerkbar. Die Narbenpapillen erschienen straff und mit gebräuntem, plasmatischem Inhalt angefüllt. Sie hielten auch noch, wie im frischen Zustande, die etwas gequollenen und daher verschieden gestalteten, mit trübem, gleichmäſsigem Inhalt erfüllten Pollenkörner fest. Am Griffel waren wie bei den Staubfäden die peripherischen Schichten am inhaltreichsten und daher in Inhalt und Wandung am tiefsten braun gefärbt.

Von mechanischen Störungen bemerkte man hier und da im Griffel- wie im Staubfadengewebe tangentiale Lücken, die teils durch Auseinanderweichen, teils aber auch durch Z e r r e i ſ s u n g von Zellen entstanden waren. Nach dem behaarten Griffelfuſs hin, dessen inhaltsarme Haare eine Bräunung der Wandung erkennen lieſsen, nahm die Zahl

und Gröfse der Gewebelücken zu. Hier erweitert sich das Gewebe des Griffelfufses bereits zu fünf auseinanderweichenden, mit ihrer Spitze nach dem Zentrum gerichteten, stumpf kegelförmigen, parenchymatischen Gruppen als Übergangsstelle in die fünf Fruchtblätter. Jedes derselben läfst eine epidermale Umkleidung und ein parenchymatisches Innenfleisch unterscheiden. In dem Fig. 104 dargestellten Querschnitt eines Apfelfruchtbechers sehen wir das zukünftige Apfelfruchtfleisch bereits von zahlreichen, regelmäfsig gestellten Gefäfsbündeln (*g*) durchzogen. Der mit einer festen Epidermis (*e*) umkleidete Fruchtbecher setzt sich

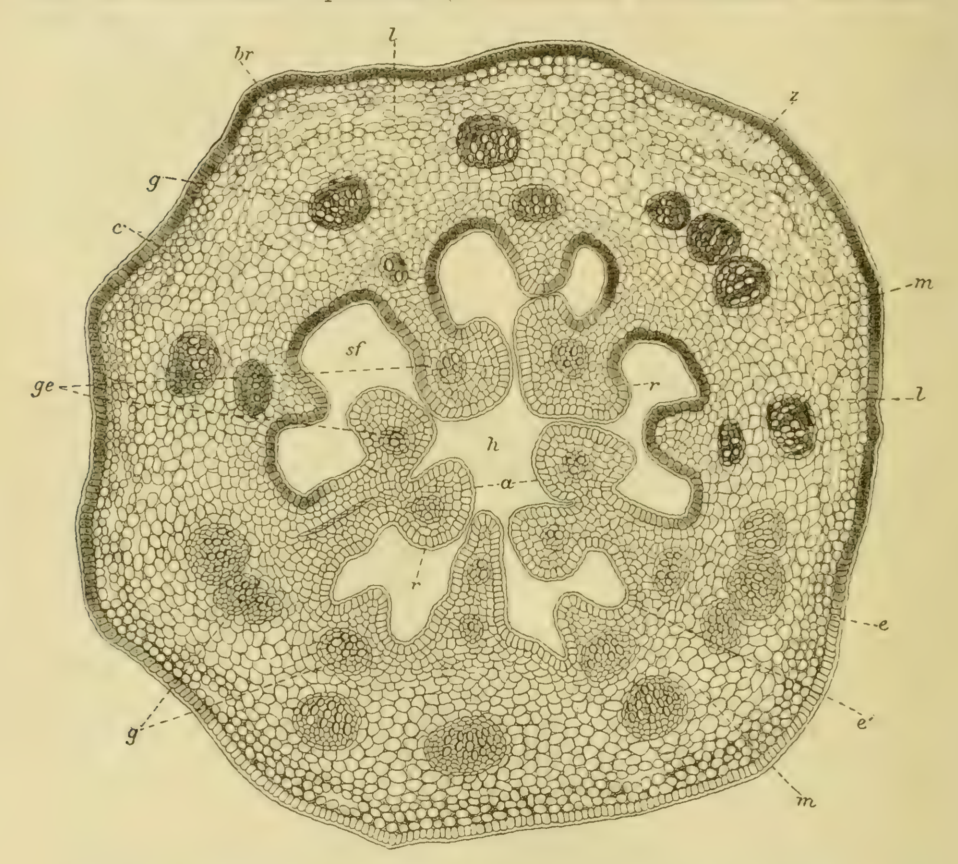


Fig. 104. Querschnitt durch einen jungen, frostbeschädigten Fruchtbecher des Apfels. (Orig.)

nach innen in fünf ankerförmige Äste (*a*) fort. Es sind dies die fünf Fruchtblätter, zu welchen sich die Griffel erweitern; an ihren umgeschlagenen Rändern, die im Querschnitt wie Ankerarme erscheinen (*r*), bilden sich im unteren Teil des Fruchtbechers die Samenknospen, die ihre Ernährung durch die Gefäfsbündel (*ge*) finden. Die Samenfächer (*sf*) und der Hohlraum (*h*), der in der Mitte durch die nicht verwachsenden Fruchtblattränder frei gelassen wird, finden sich mit regelrechter Epidermis ausgekleidet (*e'*). Die Zellen der Epidermis erweisen sich sowohl an der Achsenseite (*br*) als auch innerhalb des Frucht-

bechers am inhaltreichsten und daher am tiefsten gebräunt, während die zentrale, zunächst noch meristematische Partie jedes Fruchtblattes nur schwach verfärbt ist.

Eine Zerklüftung des Gewebes, die sich im Auftreten tangentialer Lücken (*l*) durch Trennung der collenchymatischen Schichten (*c*) vom innern Fruchtfleisch (*m*) kundgibt, ist in der Übergangszone vom Griffel zum Fruchtknoten schon bei schwachen Vergröſserungen bemerkbar. Es ist hervorzuheben, daſs dabei tatsächlich auch, wie in den Staubgefäſsen ein Zerreiſsen von Zellen (*z*) stattfindet, während bei derberen Geweben nur das gewöhnliche Auseinanderweichen der Zelllagen vor sich geht. Diese mechanischen Störungen, die bei den vegetativen Organen, wie wir später sehen werden, so bedeutungsvoll sind, haben bei den Blütenorganen geringeren Einfluſs. Die Blüten sterben schon durch die chemische Veränderung des Zellinhalts und werden nur schneller abgeworfen, wenn gleichzeitig Zerklüftungen vorhanden sind. Der experimentelle Befund deckt sich mit den Erscheinungen nach natürlichen Frühjahrsfrösten.

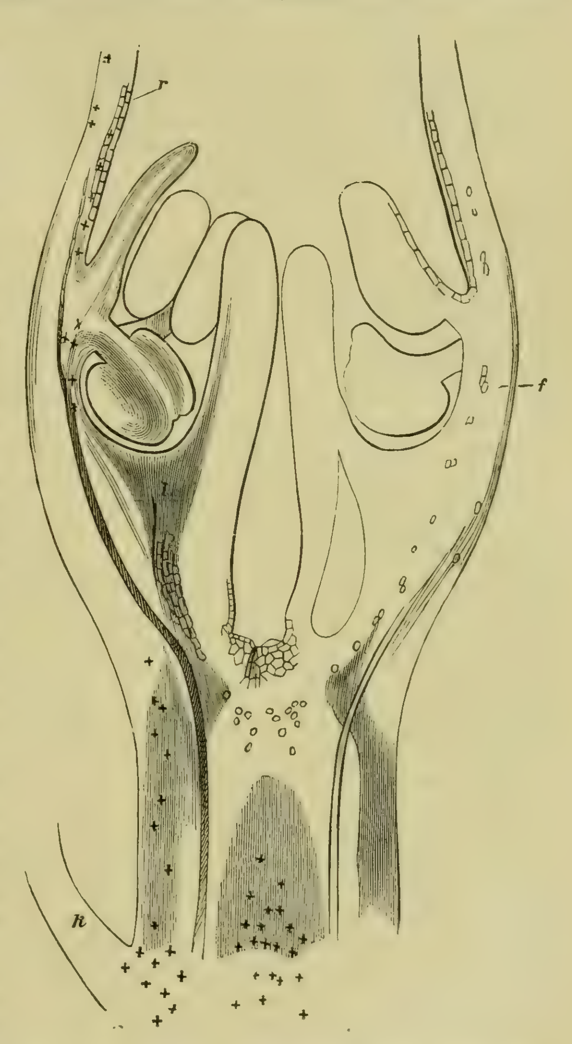


Fig. 105. Die in der Knospe durch Frost beschädigte Anlage einer Apfelblüte. (Orig.)

Wie sehr von der Beschaffenheit des Zellsaftes die Frostempfindlichkeit abhängt, mag die nebenstehende Abbildung einer jungen, von scharfem Frost getroffenen Apfelblüte zeigen (Fig. 105). Die daselbst einseitig ausgeführten Schattierungen u. sonstigen Bezeichnungen gelten selbstverständlich für beide Hälften. Alle schraffierten Stellen bezeichnen Gewebe mit bereits deutlich luftführenden Intercellularräumen; bei *r* ist durch die Glyzerinreaktion Zucker nachweisbar; die Kreuze bezeichnen die Gegenden mit bereits soweit fortgeschrittenem Stoffwechsel, daſs reichlich oxalsaurer Kalk abgelagert wird. Die Ringe *f* sollen die einzelnen frostgebräunten Zellen andeuten; alle jüngeren, plasmareicheren Innenteile sind gesund geblieben; die dunkle Linie ist ein Gefäſsbündelstrang.

Dafs aufser den beschriebenen akuten Kältewirkungen auch chronische, nur auf Verlangsamung der normalen Lebensvorgänge beruhende Störungen des Blütenlebens vorkommen, sei hier nur anhangsweise erwähnt. Das bekannteste Beispiel dürfte das Unterbleiben des Öffnens der Blüten von *Crocus vernus* und *Tulipa Gesneriana* sein. Durch die niedrige Temperatur findet kein genügend starkes Wachstum der Innenseite der Perigonblätter statt, so dafs ein Herausbiegen derselben, also ein Aufblühen unterbleibt. Ähnlich, aber schwächer reagieren die Blumen von *Ornithogalum umbellatum*, *Colchicum autumnale*, *Adonis vernalis* u. a. Dafs auch grüne Blätter durch Einflufs niederer Temperaturen thermonastisch reagieren, beweisen die Vorgänge bei *Mimosa pudica*, *Oxalis acetosella* usw. Hierher gehöriges Material findet sich noch in den späteren Abschnitten, welche die mechanischen Frostwirkungen behandeln.

Die Rostringe an Früchten.

Als Folgen leichter Frostbeschädigungen an jungen Früchten treten die sogenannten Rostringe auf. Man versteht darunter verschiedenartige, namentlich bei Kernobst in ringförmigen Zonen sich ausbreitende Korkbildungen der Fruchtschale. Bei manchen Sorten ist das Erscheinen korkfarbiger Zeichnungen ein ganz normaler Vorgang. Unsere Reinetten besitzen beispielsweise vielfach sternförmige, kleine Rostpunkte. Die sogenannten „gestrickten Reinetten“ zeigen linienartige Korkzeichnungen auf der Fruchtoberhaut, und manchmal erlangen solche Korkbildungen auch eine flächenartige Ausdehnung, wie z. B. bei der französischen Reinette, Parkers grauem Pepping, bei der grauen Herbstbutterbirne, der Mispel usw. Krankhaft ist nur die in manchen Jahren (z. B. 1900) hochgradig gesteigerte Ausdehnung der Erscheinung auf viele sonst glattbleibende Sorten und die Ausbreitung der Korkbildung über den gröfsten Teil der Frucht. Die Anfangsstadien zeigen sich in früher Jugend. Man bemerkt zunächst nach Eintritt sehr später Maifröste, dafs einzelne Gruppen von Oberhautzellen braunen Inhalt bekommen und abzusterben beginnen. Unterhalb solcher Stellen bildet sich Tafelkork, wodurch die absterbende Epidermis etwas vorgewölbt wird. Während des Schwellungsprozesses der jungen, grünen Frucht schreitet die Korkbildung rückwärts in das Fruchtfleisch hinein weiter fort, so dafs gröfsere Gruppen von parallelen Reihen senkrecht zur Oberfläche angeordneter Zellen entstehen. In einem speziellen, bei „Amanlis Butterbirne“ beobachteten Falle zeigten diese reihenweis angeordneten Zellen dieselbe Ausdehnung wie die Oberhautzellen; sie erwiesen sich aber nur in ihren peripherischen Lagen wirklich verkorkt, während die hellen dicken Wandungen der tiefer liegenden Zellen Cellulosereaktion zeigten Je stärker die Neubildung ist, desto mehr werden die über ihnen liegenden, absterbenden Zelllagen zersprengt, und die Fruchtoberfläche wird schuppig-rauh.

Bei flaschenförmigen Birnen erscheint manchmal der die Kelchzipfel tragende, bauchige Teil der Frucht rostig-grauschuppig und die Stielhälfte glatt und grün. In anderen Fällen zeigt sich ein breites korkfarbiges Band in der Nähe der Kelchhöhle usw. Bisweilen ist mit diesem Einreifsen der Wachsglasur und Absterben der Oberhautzellen eine Ausbildung des neu darunter entstandenen Gewebes zu Steinzellen verbunden, und diese treten später in kreisförmigen Herden an die Fruchtoberfläche, so dafs die Zustände entstehen, die wir bei der „Lithiasis“ (S. 171)

beschrieben haben („Diels Butterbirne“ „Gute Luise von Avranches“). Da solche Veränderungen sich meist einseitig zeigen, so bleibt die korkfarbige, steinzellige Fruchtseite vielfach im Wachstum zurück, und es entstehen Krüppelfrüchte.

Nachdem es mir gelungen, durch Einwirkung künstlicher Fröste das Zersprengen der Cuticulardecke bei derben Blättern hervorzurufen, stehe ich nicht an, auch die Beschädigung der Wachsglasur an jungen Früchten auf Frostwirkung zurückzuführen, zumal die Bildung solcher „Rostringe“ bisher nur in Jahren mit Spätfrösten beobachtet worden ist. Die frostempfindlichen Birnen leiden am häufigsten und stärksten und zwar meist an einer Seite und in bestimmter Höhe des Baumes.

Das Verhalten älterer Laubblätter bei akuter Frostwirkung.

Während des Frostes sind Änderungen an den Chlorophyllkörnern insofern bemerkbar, als sie sich in den saftärmer gewordenen Zellen meist klumpig zusammenballen. Eine chemische Veränderung des Chlorophyllfarbstoffs durch den Frost allein wird, soweit Angaben über gefrorene Chlorophyllösungen vorliegen, von der Mehrzahl der Forscher nicht angenommen. Bei einer Temperatur von — 30°, der eine Chlorophylllösung in Olivenöl ausgesetzt worden, fand WIESNER[1]) keinen Unterschied von einer frischen Lösung; dagegen gibt KUNISCH[2]) an, daſs der alkoholische Chlorophyllauszug von bei — 7° gefrorenen Hyazinthenblättern sich abweichend von dem der nicht gefrorenen Blätter gezeigt habe. Manchmal sieht man beim Gefrieren der Blätter stumpfweiſsliche Flecke auftreten, die von Eisdrusen herrühren können, welche in die Intercellularräume ausschieſsen. HOFFMANN sah bei *Ceratonia*, *Laurus* und *Camphora* blasiges Abheben der Epidermis und bezeichnet diese Erscheinung als „Frostblasen“[3]). Bei starken Frösten werden die gänzlich durchfrorenen Blätter glasartig spröde und durchscheinend. Bei dem Auftauen derartiger Blätter hängt die Farbenänderung davon ab, ob das Protoplasma der Zellen getötet ist oder nicht. Im ersteren Falle ist es für die Säuren in der Zelle durchlässig, und diese dringen an die Chlorophyllkörner, deren Zersetzung sie einleiten (Chlorophyllanbildung); das Plasma bräunt sich; der Zellsaft tritt schnell nach auſsen, das Blatt trocknet zu einer spröden, braunen Masse zusammen. GÖPPERT[4]), der die verschiedenen Färbungen der Laubblätter beschreibt, erwähnt auch noch einen überaus starken Krautgeruch bei erfrorenen Pflanzen, und bei Farnkräutern erhält sich der der ganzen Familie eigentümliche Geruch in den erfrorenen und getrockneten Exemplaren in ungewöhnlicher Intensität. Bei künstlich erfrorenen Süſskirschenzweigen fand ich ausgesprochenen Bittermandelgeruch. Es sind dies Folgeerscheinungen des Chemismus, der sich bei dem Auftauen sofort energisch geltend macht. Eine andere Wirkung hat FLÜCKIGER[5]) an erfrorenen Kirschlorbeerblättern beobachtet. Dieselben gaben bei der Destillation

---

[1]) WIESNER, Die natürlichen Erscheinungen zum Schutze des Chlorophylls etc Festschrift d. k. k. zoolog.-bot. Ges. zu Wien 1876, S. 23

[2]) KUNISCH, H., Über die tödtliche Wirkung niederer Temperaturen auf die Pflanzen. Inauguraldissertation. Breslau 1880.

[3]) KUNISCH a. a. O., S. 22.

[4]) GÖPPERT, Über Einwirkung des Frostes auf die Gewächse. Sitzungsb. d. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur 1874; cit. Bot. Z 1875, S. 609.

[5]) The effect of intense cold on cherry-laurel.; cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 887.

ein von dem der frischen abweichendes Öl und keine Blausäure, während mit Eis bedeckte, aber nicht erfrorene Blätter beide Substanzen im normalen Zustande lieferten.

Wichtig ist es, auf das Verhalten der Mineralstoffe in den durch Frost getöteten Blättern hinzuweisen, weil wir dadurch einen Einblick in die Stoffverluste erlangen, welche eine Laubzerstörung durch Frühjahrsfröste veranlaſst.

SCHROEDER's [1]) Analysen von Rotbuchenlaub, das ein Maifrost getötet hatte und das vier Wochen später im vertrockneten Zustande der Untersuchung unterzogen wurde, ergaben Folgendes: In dem erfrorenen Laube ist der ganze Stickstoffgehalt (3,56 %) der frischen Maiblätter vorhanden, während in den Herbstblättern nur etwa noch 1,33 % vorhanden sind, so daſs also der Pflanze durch den Verlust des Mailaubes fast dreimal soviel Stickstoff verloren geht als durch den herbstlichen Laubfall. Die Trockensubstanz ergab 3,01 % Asche. Von dieser Asche waren 22 % Phosphorsäure, also soviel wiederum, wie in frischen Maiblättern, während die Juliblätter nur 5 % besaſsen. Von Kali waren in den Maiblättern normal etwa 30 %, in den erfrorenen dagegen nur 5 % vorhanden. Kalk war natürlich im jungen Laube noch wenig (6,78 % im gesunden, 4,70 % im erfrorenen Laube) vorhanden, während die vegetierenden Juliblätter schon dreimal so viel (20,34 %) besaſsen, die abgestorbenen Novemberblätter sogar 37,60 % aufwiesen.

Gegenüber der Meinung, daſs das vom Frühjahrsfrost abgetötete Laub am Baume hängen bleibt und somit dessen wertvolle Mineralbestandteile Zeit zur Rückwanderung in die Achse finden, ist auf die Untersuchungen von RAMANN [2]) zu verweisen. Derselbe zeigte, daſs das von der Kälte getötete Blattwerk bei Eiche, Fichte und Tanne allerdings zunächst dieselbe Zusammensetzung besaſs, wie das frische Laub, sofern es noch vor einem Regen analysiert wurde, aber durch den Regen eine sehr wesentliche Veränderung erlitt; denn RAMANN fand, daſs binnen 72 Stunden Wasser nicht weniger als 19,219 % der Gesamtasche der Rotbuchenblätter und bei der Eiche sogar 26,46 % auszog. Daſs diese leichte Diffusibilität der Aschenbestandteile nicht etwa als eine Folge späterer Zersetzung angesehen werden darf, geht daraus hervor, daſs die gröſsten Mengen, nämlich bei der Buche 15,42 %, bei der Eiche 19,66 %, schon in den ersten 24 Stunden ausgelaugt worden waren. Diese letzteren Mengen ergaben an Reinasche für die Buche 11,15 %, für die Eiche 14,18 % des Auszuges.

Wie sehr der Laubverlust den Achsenkörper schädigt, ergibt sich aus einer andern Arbeit von SCHROEDER [3]) über „die Wanderung des Stickstoffs und der Mineralbestandteile während der ersten Entwicklung der Triebe in der Frühjahrsperiode". Die Erschöpfung der Achse durch die Produktion der jungen Triebe ist am weitestgehenden bei der Phosphorsäure, nämlich 46 %; dann folgt Kali, das zu 32 % auswandert; Stickstoff und Magnesia gehen etwa zu 26 % aus der Achse heraus. Dafür treten bis zu Ende dieser Periode 12 % Kalk und 84 % der Anfangsmenge an Kieselsäure hinzu. Von der Gesamtmenge des in die jungen Triebe einwandernden Stickstoffs, Kalis und der Phosphorsäure

[1]) SCHROEDER, Untersuchung erfrorenen Buchenlaubes. Forstchemische u. pflanzenphysiologische Untersuchungen, Heft I, 1878, Dresden, S. 87.

[2]) RAMANN, Aschenanalysen erfrorener Blätter und Triebe. Bot. Centralbl. 1880, S. 1274.

[3]) a. a. O., S. 83.

stammt etwa $^1/_5$ aus der oberirdischen Achse, $^4/_5$ aus der Wurzel und dem Boden. Diese Verhältnisse sprechen dafür, dafs der Wurzelkörper in noch höherem Grade als die oberirdischen Achsenorgane von seinem aufgespeicherten Vorrat an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali abgibt.

Mangelhafte Ergrünung jüngerer Blätter.

Eine besondere Form der Äufserung niederer Temperaturen auf die Färbung des Pflanzenkörpers ist das Gelbbleiben wachsender Organe aus Mangel der nötigen Ergrünungstemperatur. Bei verspillerten Keimpflanzen, die, kurze Zeit dem Lichte ausgesetzt, gelber wurden als die in Dunkelheit verbliebenen Exemplare, fand Elfving [1]), dafs sich Etiolin gebildet bei Temperaturen, die für die Chlorophyllbildung noch zu niedrig waren. Im ersten Frühjahr, wenn Pflanzen ihrer Schutzdecken entledigt werden, finden sich zahlreiche Beispiele, dafs die unter der Decke entstandenen, etiolierten Triebe trotz der bisweilen reichen Beleuchtung ihre gelbe Farbe nicht oder nur langsam und unregelmäfsig, nämlich stellenweis verlieren. Das häufigste Beispiel liefern die Hyazinthen in den Gärten. Wenn dieselben zu zeitig im Frühjahr aufgedeckt werden, und der Frost die jungen, noch nicht ergrünten Blattkegel überrascht, entwickeln sich wohl später die Blätter in normal grüner Färbung weiter, aber ihre jungen Spitzen bleiben weifs oder gelb.

In den gelb erscheinenden Teilen sehen wir meist die Chlorophyllkörner in Gestalt und Anordnung wie in der normal ergrünten Zelle, also den freiliegenden oder an Intercellulargänge grenzenden Teilen der Zellwand angelagert (Epistrophe); jedoch ist der Farbstoff nur ein mehr oder weniger intensives Gelb. Von diesem Stadium bis zum völligen Fehlen der Körner in der gänzlich gebleichten Spitze des Blattes finden sich alle möglichen Übergänge; diese sind aber keine Lösungszustände, sondern Hemmungsbildungen. In den weifsesten Partien des Mesophylls erscheinen die Zellen mit wässrigem Zellsaft erfüllt, der von Plasmasträngen durchzogen ist, ohne dafs im plasmatischen Wandbelage irgendwelche Chlorophyllkörper angelegt wären. In anderen Zellen der gelblicher aussehenden Partien ist die Differenzierung des Inhalts bis zur Anlage der Chloroplasten fortgeschritten; aber diese erscheinen weifslicher, weicher, ich möchte sagen, bisweilen wolkiger, minder dicht und minder scharf konturiert. In den nach der Frostwirkung aus der Erde herausgetretenen Teilen der Blätter findet man endlich normal ausgebildete, intensiv grüne Chloroplasten. Bisweilen ist der Ergrünungsmangel mit Auftreten von rotem Farbstoff verbunden. Ein Beispiel liefert Chargueraud [2]), der *Phalaris arundinacea picta* beobachtete, deren junge Blattspitzen mit ihren bekannten, weifsen Streifen frostgerötet hervortraten; die rosenrote Färbung verschwand bei Eintritt warmer Witterung. Eine Bestätigung für den Eintritt der Rotfärbung bei Kälte liefert Schell [3]), der im Frühjahr Pflanzen mit rotgefärbten, jungen Blättern in drei Partien in verschiedene Temperaturen brachte und beobachtete, dafs die im Zimmer bei + 15 °C befindlichen Exemplare binnen 18 Stunden grün wurden, während die

---

[1]) Arbeiten d. Bot. Instituts zu Würzburg, Bd. II, Heft 3; cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 835.

[2]) Revue horticole, Paris 1874, S. 249.

[3]) Botanischer Jahresbericht 1876, S. 717.

bei + 8,5° C gehaltenen Individuen erst nach 5 Tagen ergrünten und die im Freien bei einem Maximum von etwa + 4° C belassenen Pflanzen erst nach 20 Tagen grün wurden, als die Lufttemperatur sich erhöhte. Es sprechen diese Beobachtungen für die von mir geäufserte Ansicht, dafs die Rotfärbung durch ein Überwiegen eines an die Lichtwirkung gebundenen Oxydationsprozesses über den Assimilationsprozefs bedingt wird. Bei gleicher Lichtmenge steigert eine Temperaturerhöhung die Assimilation derart, dafs der Ergrünungsprozefs überwiegt.

Zur Vermeidung einer Fixierung des krankhaften, gelblichen Aussehens frostgebleichter Blattspitzen ist anzuempfehlen, die Winterdecke allmählich wegzunehmen oder eine leichte Reisigschicht für die ersten Tage über die Pflanzen auszubreiten.

Der Frostlaubfall.

Das plötzliche Abfallen des Laubes während und nach Eintritt der ersten Herbstfröste ist nur eine Form des herbstlichen Laubfalls, der (im Gegensatz zu den bereits beschriebenen Fällen abnormer Entblätterung nach übermäfsiger Hitze, Trockenheit, Lichtmangel, Wasserüberschufs und anderen, eine plötzliche Funktionslosigkeit des Organs hervorrufenden Ursachen) als seniler Tod zu bezeichnen ist. Das Blatt hat sich eben ausgelebt und ein derartig normaler Tod desselben hat für die lebendig bleibende Achse die wenigst nachteiligen Folgen. Aus dem senilen Blattapparate wandern allmählich viele plastische sowie wichtige mineralische Stoffe in den Stamm zurück und kommen bei der nächsten Vegetationsperiode zu neuer Verwendung. Das bei den plötzlich im Jugendzustande sterbenden Blättern so nachteilige Verbleiben reichlicher Mengen organischer Bausubstanz, die dadurch für die Achse verloren gehen und das Auswaschen leicht löslicher Nährstoffe durch Beregnen sind bei dem senilen Ausleben nur von geringer Bedeutung. In letzterem Falle ist, wie neuerdings B. Schultze [1]) wiederum hervorgehoben hat, bis zum letzten Augenblicke noch die Assimilation von Kohlensäure, wenn auch natürlich mit erlahmender Kraft nachweisbar. Durch das Überwiegen der Vorgänge des Zerfalls über diejenigen des Aufbaues verarmt das Blatt namentlich an leichtlöslichen Eiweifsstoffen. Mit der zunehmenden Verdickung und Verkalkung der Membranen wird die Zuleitung neuen Nährmaterials stets schwieriger, so dafs dadurch schon die nachweisbare Abnahme [2]) von Stickstoff, Phosphorsäure und Kali erklärlich wird, selbst wenn man nicht einen bedeutenden Rückwanderungsvorgang annehmen will.

Nach dem, was bereits in früheren Abschnitten über den Einflufs von Lage, Bodenbeschaffenheit und Witterung gesagt worden ist, braucht hier nicht noch besonders betont zu werden, dafs die Lebensdauer der Blätter bei derselben Pflanzenspezies ganz verschieden sich erweist und somit der Frost auch stets auf ganz verschieden alte Blätter wirkt. Demgemäfs ist der Vorgang des Blattabwurfs nicht immer derselbe. Der häufigste Fall besteht in der Ausbildung einer Gewebe-

---

[1]) Schultze, B., Studien über die Stoffwandlungen der Blätter von *Acer Negundo* L., 76. Versammlung d. Ges Deutsch. Naturf.; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1906, S. 35.

[2]) Fruwirth, C. und Zielstoff, W., Die herbstliche Rückwanderung von Stoffen bei der Hopfenpflanze. Landw. Versuchsstat. 1901; cit. Bot. Jahresb. 1901, T. II, S. 161.

zone am Blattgrunde zu einer charakteristischen Trennungsschicht. Wir geben hier die Abbildung der herbstlichen Trennungsschicht eines Blattes von *Aesculus Hippocastanum* wieder (s. Fig. 106). Das Bild stellt einen Schnitt dar, welcher in der Richtung der Länge des Blattstiels durch die Gelenkstelle an der Basis geführt worden ist. *a* ist das Rindenparenchym des Zweiges, *b* die Lage von Tafelkork, welche zurückbleibt, wenn der Blattstiel sich abgegliedert hat und den Schutz für das Rindengewebe bildet. *c* sind die Zellen des Blattstielgrundes, die bei *c* in das festere, mit reichlichen Kalkoxalatdrusen versehene Parenchym der verbreiterten Blattstielbasis übergehen. Zwischen *c* und *e* findet der Lockerungsvorgang statt, indem bei *d* die Zellen sich abrunden und auseinander zu weichen beginnen. Wenn nun die Hebelwirkung des windbewegten Blattes sich geltend macht, knickt der Blattstiel in der gelockerten Zellschicht ab.

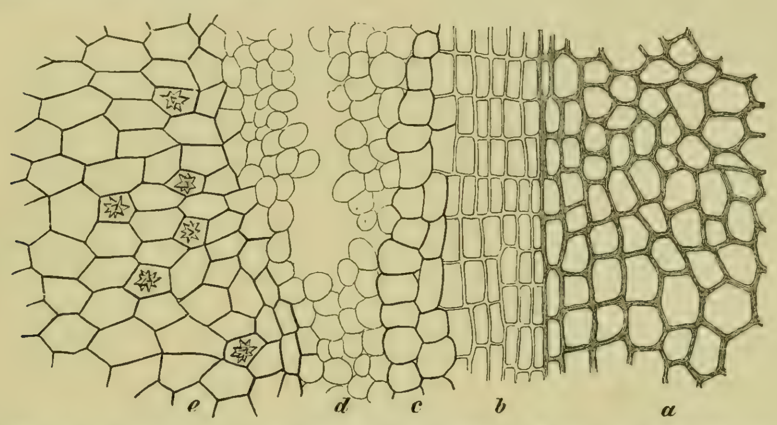


Fig. 106. Herbstliche Trennungsschicht eines Blattes der Rofskastanie. (Nach Döbner-Nobbe)

Je reifer das Blatt zur Zeit der ersten Herbstfröste ist, desto leichter fällt es ab; daher sieht man die alten Blätter der Zweige im Herbst zuerst vom Winde abgeknickt. Die gröfsere Lebensenergie, der gröfsere Reichtum an plastischem Material lassen das jugendlichere Blatt bei Frostwirkungen, welche nicht tödlich sind, widerstandsfähiger erscheinen.

Treten tötliche Frostgrade im Herbste zu einer Zeit auf, in welcher das Blatt seine Trennungsschicht noch nicht weit genug ausgebildet hat, der Baum also von seiner Vegetationsruhe noch weit entfernt ist, dann bleibt das tote Laub über Winter an den Zweigen (Buche, Eiche). Die Buchen, bei denen das Laub hängen bleibt, belauben sich vielfach später im Frühjahr, als normal ausgereifte Exemplare.[1])

Zur Zeit des ersten Nachtfrostes sieht man frühmorgens, wenn der Reif noch liegt, selbst bei windstillem Wetter, sobald die Sonne heraufkommt, die einfachen Blätter der Bäume abbrechen und die Fiederchen zusammengesetzter Blätter sich von der gemeinsamen Spindel lösen. v. Mohl[2]) fand in solchen Fällen die Blattnarben der abgefallenen oder gerade in der Ablösung begriffenen Blätter bei einer Anzahl von

[1]) A. de Candolle in Centralbl. f. Agrikulturchemie 1879, I, S. 159.
[2]) Bot. Zeitung 1860, S. 16.

Pflanzen mit einer dünnen Eisschicht bedeckt. *Paulownia* z. B. zeigte eine besonders dicke Eiskruste. Manchmal waren die Blätter nur noch durch die Eiskristalle mit ihrer Narbe verbunden. Diese Eiskristalle haben sich in der Trennungsschicht der Blätter gebildet. Die säulenförmige Beschaffenheit der Kristalle, ihre über den Gefäfsbündeln durch Luftbläschen hervorgebrachte Trübung, ihre scharf mit der Umgrenzung der Blattnarbe abschneidende Auflagerung sprechen dafür, dafs nicht gröfsere Mengen etwa ausgeflossenen Saftes gefroren sind, sondern dafs kleine Partien Wasser durch die Zellwände genau am Orte, wo sie beobachtet wurden, ausgetreten und zu Eis erstarrt sind.

Die Eisbildung kann manchmal sehr früh auftreten und dadurch Ursache werden, dafs Blätter, die sonst noch längere Zeit am Baume verblieben wären, ja bisweilen noch ganz grün sind, bei dem Auftauen abfallen. Aufser dieser Wirkung der Eislamelle kann ein vorzeitiger Herbstlaubfall dadurch eintreten, dafs das Blatt gänzlich oder teilweis erfriert, also plötzlich funktionslos und dann abgestofsen wird.

Bei dem Frostlaubfall erfolgt die Ablösung des Blattes stets in der Trennungsschicht, die nach Wiesner's [1]) Beobachtungen nicht immer aus einem Folgemeristem hervorgeht, sondern manchmal sich auch als ein Rest des primären Meristems darstellt. In anderen Fällen von Blattabwurf kann der Ablösungsprozefs in verschiedenen Geweben sich vollziehen.

Betrachtet man den Abgliederungsvorgang innerhalb der Trennungsschicht im allgemeinen, so findet man nach Wiesner [2]) folgende Modifikationen: Es kann in den Zellen der Trennungsschicht ein so starker osmotischer Druck zustande kommen, dafs die Gewebe mit glatten Wänden auseinanderweichen. Dies finden wir bei einer Entblätterung infolge von Wasserüberschufs auch in den Fällen, wo derselbe nur durch reichliches Begiefsen nach langer Trockenperiode sich einstellt. Die bei den Gärtnern bekannte Erscheinung des Abwerfens der Blätter bei Azaleen, Eriken und Neuholländern nach Ballentrocknis gehört hierher, sowie die sommerliche Entlaubung bei Eintritt von Regen nach langer Trockenheit.

Bei dem herbstlichen Laubfall kommt nach Wiesner ganz besonders die mazerierende Wirkung organischer Säuren in Betracht. Er nimmt an, dafs die Trennungsflächen beim Frosttod in der Regel sauer reagieren und erklärt sich diesen Umstand dadurch, dafs der Frost das Zellplasma töte und es dadurch durchlässig für die im Zellinhalt vorhandenen Säuren mache, die sodann auf die Membranen wirken können. Wahrscheinlich dürfte dabei die Oxalsäure eine grofse Rolle spielen. Genannter Forscher legte Stengel verschiedener sommergrüner Gewächse in eine 2,5 prozentige Oxalsäurelösung und sah binnen wenigen Tagen die Blätter sich ablösen. Auch Stengel von Pflanzen, die an den Internodialgliedern Trennungsschichten anlegen, zerfielen schon binnen kurzer Zeit in ihre Glieder.

Wenn die Blattfläche durch Frost beschädigt wird, aber die unterhalb der Trennungsfläche gelegene Partie des Blattes, also der Blattstumpf, lebendig geblieben ist, dann wird der erfrorene Blattteil zusammentrocknen, aber die Blattbasis intakt und turgescent sich

---

[1]) Wiesner, Julius, Über Frostlaubfall nebst Bemerkungen über die Mechanik der Blattablösung. Ber. d. D. Bot. Ges. 1905, Heft I, S. 49.

[2]) a. a. O., S. 54.



Lieferung 13. (Erster Band, Bog. 34—38.) Preis: 3 Mark.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage
in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau, Privatdozent an der Universität Berlin
und
Dr. L. Reh, Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben
von

Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



Mit zahlreichen Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1907.

Erscheint in etwa 20 Lieferungen à 3 Mark.



erweisen. Zwischen letzterem und dem vertrocknenden Teile müssen Spannungsdifferenzen entstehen, die zur Ablösung des Blattkörpers führen.

Wie schnell die vom Frost getroffenen Teile austrocknen, zeigen die Versuche von PRUNET[1]). Ein angefrorener Rebenzweig mit vier Blättern, in Wasser gestellt, verdunstete während zwei Stunden 475 mgr Wasser; sein Gewichtsverlust betrug dabei 14,46 %. Unter denselben Bedingungen verdunstete ein nicht durch Kälte beschädigter ähnlicher Zweig nur 132 mgr Wasser und hatte wegen der stattgefundenen Wasserabsorption um 0,26 % seines Gewichtes zugenommen.

Experimentell hat WIESNER auch gezeigt, wie bei Pflanzen, die ihr erfrorenes Laub lange, oft über Winter, festhalten, dies lediglich im schnellen Vertrocknen begründet ist. Er nahm Zweige von *Ligustrum ovalifolium* mit erfrorenem Laube und stellte sie im Warmhause derart auf, dafs die Sprosse beständig Wasser aufsaugten. Diese liefsen nach 6—12 Tagen die Blätter fallen, während an den nicht mit Wasser versorgten Sprossen die Blätter fest sitzen blieben. Bei den im Freien vorkommenden Fällen festsitzenden toten Laubes an den Zweigen wird die Ablösung erst durch Zersetzung des Gewebes erfolgen. Es wird die Vermoderung der Membranen innerhalb der toten Trennungsschicht allmählich so fortschreiten, dafs Wind oder andere mechanische Ursachen schliefslich das Blatt zum Abknicken bringen. Bei dem Vermoderungsprozesse werden Mikroorganismen zweifellos sich beteiligen.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dafs die Mechanik der Ablösung bei dem herbstlichen, senilen sowohl wie bei dem Frostlaubfall manchmal selbst bei demselben Individuum verschieden sein kann je nach dem Alter der Blätter und den vorhandenen Nebenumständen. Aufser der Abgliederung des ganzen Blattes von der Achse kommt auch bei manchen Pflanzen (Weinstock) ein Ablösen der Blattfläche vom Blattstiel vor. Diese Region ist auch bei anderen Störungen besonders empfindlich und kennzeichnet ihre Ähnlichkeit mit der Blattstielbasis bisweilen durch gleiche Verfärbung. Bei Pappeln z. B. kann man beobachten, dafs im Herbst Basis und Spitze des Blattstieles rot werden, während der ganze übrige Teil gelb bleibt.

Der Unterschied in der Zeit, in welcher diese Prozesse bei verschiedenen Individuen und bei demselben Individuum in verschiedenen Höhen des einzelnen Zweiges sich einstellen, hängt mit dem physiologischen Alter jedes Blattes zusammen. Je jünger dasselbe ist, desto später fällt es unter sonst gleichen Verhältnissen vom Zweige, wie experimentell von DINGLER[2]) durch Schneidelungsversuche festgestellt worden ist. Derselbe beobachtete eine gröfsere Widerstandsfähigkeit der jungen Blätter speziell gegenüber den Herbstfrösten. Die jungen Blätter von *Carpinus Betulus* erfroren nicht nach tagelang währenden Frostperioden, die älteren hatten gelitten und vertrockneten schliefslich am Zweige. Ähnliches sah ich bei Platanen, bei denen sich in gleicher Weise das Alter der Bäume geltend machte. Bei Strafsenpflanzungen waren zwischen alten Bäumen junge Exemplare

---

[1]) PRUNET, A., Sur les modifications de l'absorption et de la transpiration, qui surviennent dans les plantes atteintes par la gelée. Compt.-Rend. d. l'Acad. des Sciences 1892, II, S. 964.

[2]) DINGLER, HERMANN, Versuche und Gedanken zum herbstlichen Laubfall. Ber. d. D. Bot. Ges. 1905, Heft 9, S. 463.

angepflanzt worden. Letztere hielten, obwohl nicht unter dem Schutze der älteren Bäume stehend, ihr bedeutend kräftigeres Laub noch fest, als das der alten Stämme zum gröfsten Teil schon am Boden lag.

Verhalten der Rüben und Kohlgewächse bei Frost.

Bei der Aufbewahrung von Zuckerrüben kann man nur durch möglichst kühle Temperatur den Zuckerverlust, der durch die Atmung des Rübenkörpers innerhalb der Mieten eintritt, vermindern[1]). Bei Zuckerrüben, die wirklich gefroren gewesen, zeigt sich durch das Ausfrieren des Wassers sogar eine Erhöhung des Zuckergehaltes, der von Ninger auf 0,39 % berechnet worden ist[2]).

Eine Neubildung von Saccharose aber findet ebensowenig wie eine Zerstörung derselben durch den Gefrierprozefs statt. Auch die Menge der Stickstoffsubstanzen und das Verhältnis von Eiweifs zum Nichteiweifs bleiben dabei unverändert. Sobald aber das Wiederauftauen beginnt, scheint letzteres auf Kosten des ersteren sich zu vermehren. Die Bestandteile der Rohfaser (Cellulose und verwandte Stoffe) werden schon durch den Gefrierprozefs für Säuren und Alkalien löslicher[3]) und teilweise auch wasserlöslicher. Dadurch wird eine Erhöhung des Nichtzuckers im Safte hervorgebracht. Ich beobachtete bei dem Gefrieren der Rüben teilweise Membranquellungen, was als der sichtbare Ausdruck der chemischen Veränderungen der Cellulose gedeutet werden darf. Strohmer und Stift fanden eine auffallende Zunahme des Säuregehaltes.

Der gröfsere, durch Wasseraustritt hervorgebrachte Zuckergehalt und der dadurch konzentrierter gewordene Zellsaft werden übrigens das wirkliche Erfrieren des Rübenkörpers verzögern. Aufserdem werden in Mieten die äufseren, gefrorenen Rüben die inneren vor dem Gefrieren schützen, worauf namentlich Müller-Thurgau hingewiesen hat, und was Mez[4]) dadurch erklärt, dafs der Übergang des Zellsaftes in den festen Aggregatzustand die in der Zelle noch vorhandene Energie vor allzu schnellem Abströmen bewahrt. Die Wärmeleitung in Eis vollzieht sich viel langsamer als in Wasser, in welchem sich die Wärme durch Strömung verbreitet.

Die Angaben der Gemüsegärtner, dafs Braunkohl (*Brassica oleracea acephala*) erst nach Frösten die gewünschte Süfsigkeit erlangt, dürfte in der Zuckeranhäufung durch die niedrige Temperatur ihre genügende Erklärung finden. Nach den Analysen von Märker und Pagel[5]) liefs sich aus erfrorenen Kohlpflanzen eine 68,66 % der Pflanzenreste betragende Saftmenge abpressen, während der gleiche Druck bei den nicht erfrorenen Exemplaren nur 7,1 % Saft ergab. Es enthielten 100 ccm Saft von

[1]) Heintz, Atmung der Rübenwurzeln. Zeitschrift d. Ver. f. d. Rübenzuckerindustrie d. deutsch. Reiches 1873, Bd. XXIII; cit. Bot. Jahresb., I, S. 358.

[2]) Bot. Jahresber. 1880, S. 665.

[3]) Strohmer, F., u. Stift, A., Über den Einflufs des Gefrierens auf die Zusammensetzung der Zuckerrübenwurzel. Österr.-Ung. Z. f. Zuckerindustrie und Landwirtsch. 1904, Heft VI.

[4]) Mez, Carl, Neue Untersuchungen über das Erfrieren eisbeständiger Pflanzen. Sond. Flora od. Allgem. Bot. Zeit. 1905, S. 109.

[5]) Märker u. Pagel, Über den Einflufs des Frostes auf Kohlpflanzen. Biedermann's Centralbl. 1877, Bd. XI, S. 263—66.

	erfrorenen	nicht erfrorenen Pflanzen
Trockensubstanz . .	7,96 g	4,04 g
Rohasche	1,63 „	0,97 „
Traubenzucker . . .	4,17 „	1,41 „
Dextrin (?)	0,80 „	0,58 „
N-haltige Substanz .	0,86 „	0,51 „
N-freie Extraktivstoffe	0,50 „	0,54 „

Man sieht, dafs die löslichen Bestandteile im Saft eine erhebliche Vermehrung erfahren haben, und dafs an dieser Vermehrung der Traubenzucker in erster Linie beteiligt ist. Es findet hier also eine ebenso bedeutende Zuckerbildung wie bei der Kartoffel statt, die von Schmidt auf 21,85 % [1]) angegeben worden ist.

Frostblasen.

Von geringer wirtschaftlicher Bedeutung, wohl aber wissenschaftlich beachtenswert in Rücksicht auf das Zustandekommen mechanischer

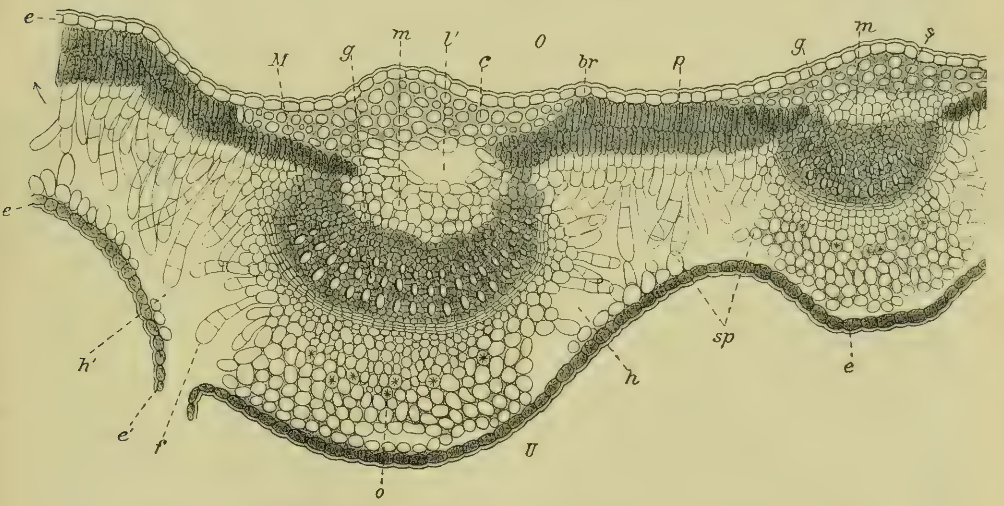


Fig. 107. Querschnitt durch eine Frostblase am Apfelblatt. (Orig.)

Gewebestörungen im Innern lebend bleibender Organe sind die Frostblasen. Dieselben äufsern sich im Auftreten von meist kleinen, blasigen Abhebungen der Epidermis und bisweilen auch der subepidermalen Schichten von dem zartwandigen Parenchym des Blattfleisches oder dem derberen der Blattrippen. An Stelle einer weitläufigen Beschreibung geben wir in Fig. 107 die Abbildung [2]) des Querschnittes einer Frostblase am Apfelblatt. *O* zeigt die Oberseite, *U* die Unterseite an. *M* ist die Mittelrippe, *s* eine stärkere Seitenrippe.

In der Rippe bildet der halbmondförmige Holzkörper mit seinen zahlreichen Gefäfsen (*g*) den Hauptbestandteil. Oberseits grenzt dann eine chlorophylllose, dem Markkörper der Achse entsprechende, dünnwandige Parenchymschicht (*m*) an, welche von derbwandigen, coll-

[1]) Nach Ritthausen; s. „Der Landwirt“ 1875, S. 501.
[2]) Sorauer, P., Frostblasen an Blättern. Z. f. Pflanzenkrankh. 1902, S. 44.

enchymatischen Zellen (*c*) gedeckt wird; diese sind um so reichlicher entwickelt, je stärker die Rippe ist. Das Collenchym tritt als feste Leiste über den nur aus Blattfleisch bestehenden Teil der Blattfläche etwas hervor. Das Blattfleisch zeigt die gewöhnliche Gliederung in Palisaden- (*p*) und Schwammparenchym (*sp*). Von diesen chlorophyllführenden Schichten reicht das Palisadenparenchym nicht über das Gefäſsbündel oberseits hinweg, sondern keilt sich beiderseits aus, so daſs es in kurzer, einschichtig werdender Zelllage (*br*) zwischen dem Collenchym und Parenchym des Rippenkörpers ausmündet. Das Schwammparenchym dagegen läuft auf der Unterseite über dem Gefäſsbündelkörper fort und bildet den Rindenteil der Rippe, in welchem, wie in der Zweigrinde, Oxalatkristalle (*o*) in halbmondförmiger Reihe zu finden sind. Die Epidermis (*e*) deckt zunächst gleichmäſsig das ganze Blatt.

Die mechanischen Frostwirkungen zeigen sich hier in der für die Mehrzahl unserer Pflanzen typischen Form, indem auf der Blattoberseite über dem Gefäſsbündel der stärkeren Rippen das collenchymatische Gewebe vom parenchymatischen sich abhebt, und dadurch eine Lücke (*l'*) gebildet wird. Auf der Blattunterseite hat sich an den Böschungen des stark hervortretenden Rippenkörpers das Schwammparenchym von dem Rindenkörper der Rippe abgelöst, so daſs zu beiden Seiten derselben luftführende Hohlräume (*h*) entstehen. Wir erklären uns die Bildung der Hohlräume dadurch, daſs das jugendliche noch hyponastische, mit den Rändern nach oben gehobene Blatt bei der Frostwirkung sowohl von oben nach unten als auch tangential sich zu beiden Seiten der Mittelrippe zusammenzieht. Wenn das muldenförmig nach oben gebogene Blatt sich zusammenzieht, muſs die muldenförmige Krümmung stärker, d. h. die Spannung der Unterseite gröſser werden. Dieselbe äuſsert sich in einer Zerrung nach den emporgehobenen Rändern hin, (siehe die Pfeilrichtung in der Abbildung). An den Böschungen der Rippen muſs die Zerrung am stärksten sein und kann unter Umständen bis zum Zerreiſsen der Epidermis (*e'*) führen.

Wenn nun das Auftauen stattfindet, bleibt die Folge der Frostwirkung in einer Überverlängerung der gezerrt gewesenen Gewebe bestehen. Denn die Gewebe sind wohl dehnbar, aber nicht vollkommen elastisch; sie erreichen nicht wieder ihre frühere Gröſse und Lagerung. Namentlich die am meisten gespannt gewesene untere Epidermis ist länger geworden und übt nun nicht mehr den Druck auf das darunter liegende Schwammparenchym in derselben Stärke wie früher aus. Der Epidermisdruck ist gelockert, und das Schwammparenchym antwortet sofort auf diese Lockerung dadurch, daſs es sich schlauchförmig streckt. Wenn die Epidermis zur Zeit der stärksten Spannung entzwei gerissen ist, bilden die überverlängerten Riſsbänder (*e'*) eine kraterförmige Öffnung, nach welcher hin die fadenartig sich ausbildenden Schwammparenchymreihen (*f*) wachsen.

Weitere Untersuchungen über Frostblasen finden wir in einer Arbeit von NOACK[1]), der zu dem Schlusse kommt, daſs die Frostblasen dadurch entstehen, „daſs sich aus den Zellen Wasser in die Intercellularräume ergieſst und dort zu Eis erstarrt, sobald die Temperatur bis zu einem gewissen, für die einzelnen Pflanzenarten verschiedenen Grade unter den Gefrierpunkt sinkt“. Das Anschieſsen der Eiskristalle

[1]) NOACK, FR., Über Frostblasen und ihre Entstehung. Z. f. Pflanzenkrankh. 1905, S. 29.

sah Noack am stärksten an der Stelle, wo später die Ablösung der Epidermis sichtbar wurde. Eine kurz vorher erschienene Studie verdanken wir Solereder[1]), der bei Blättern von *Buxus* dasselbe haarartige Auswachsen der Mesophyllzellreihen beobachten konnte, wie ich es bei Äpfeln, Kirschen, Aprikosen gesehen und in Fig. 107 abgebildet habe. Dafs diese Überverlängerung der Zellen des Blattfleisches eine bei reichlicher Wasserzufuhr auftretende Folgeerscheinung ist, hat Solereder experimentell bewiesen, indem er die Blattunterseite entfernte und die Pflanzen in feuchtem Raume aufstellte. Er fand dabei auch die Entstehung von Cuticularwarzen an den Zellmembranen, ähnlich denen, die ich von den Wollstreifen des Apfelkernhauses (S. 325) abgebildet und auch bei Frostblasen der Kirschblätter beobachtet habe. Der Anfang der haarartigen Überverlängerung der Zellen zeigt sich in den Gefäfsbündelscheiden, also an denselben Stellen, die sich bei der Korksucht der Kakteen (S. 429, Fig. 71) als die Ausgangspunkte der krankhaften Streckungsvorgänge erkennen liefsen. Wir sehen darin einen experimentellen Beweis für unsere Anschauung, dafs die genannten Störungen auf Wasserüberschufs zurückzuführen sind.

Die Frage, ob die Frostblasen durch das ausgeschiedene Eis entstehen oder schon vorher durch Spannungsdifferenzen bei der Kälte sich bilden und nur den Eisbildungen den bequemsten Raum zur Ablagerung bieten, werden wir später im Zusammenhang mit anderen mechanischen Froststörungen noch einmal besprechen. Hier sei vorläufig nur hervorgehoben, dafs die bei dem Apfelblatt abgebildeten Gewebelücken (auf der Oberseite der Rippen und unterseits an deren Böschungen) ein typisches Frostmerkmal darstellen, das bei den verschiedensten, auch überwinternden grünen Blättern häufig zu finden ist.

Kammartige Zerschlitzung der Blätter.

In einzelnen Jahren mit Spätfrösten ist die Erscheinung nicht selten zu finden, dafs die sonst zusammenhängenden Flächen von Baumblättern mannigfach zerschlitzt erscheinen, und damit denjenigen Formen sich nähern, die als „*folia laciniata*“ bezeichnet werden. Während aber bei den im Handel befindlichen Gehölzarten die geschlitzte Blattform ein im Entwicklungsgange des Individuums fixierter, durch Veredlung übertragbarer Zustand ist, bildet die Frostzerschlitzung ein vorübergehendes Stadium, das noch in demselben Sommer zur normalen Blattform zurückkehrt.

Das häufigste Auftreten der Erscheinung hatte ich Gelegenheit bei *Aesculus Hippocastanum* im Frühjahr 1903 zu beobachten. Die in Fig. 108 dargestellte Erscheinung war auf die unteren, also zuerst aus der Knospe hervorgetretenen Blätter eines jeden Triebes beschränkt. An demselben Teilblättchen fanden sich Übergänge von den tiefen, zur Mittelrippe reichenden Einschnitten (Fig. 108 *e*) bis zur normalen ungeteilten Blattfläche (Fig. 108 *f*). An derartigen Übergangsstellen bemerkte man, dafs genau in der Mittellinie eines jeden, zwischen zwei parallelen Seitenrippen ausgespannten Intercostalfeldes sich ein hellerer, durchscheinender Streifen vorfand, an welchem stellenweise das Gewebe eingebrochen war (Fig. 108 *g*). Die Randzone einer solchen Einbruchs-

[1]) Solereder, H., Über Frostblasen und Frostflecken an Blättern. Centralbl. f. Bakteriol., II. Abt., Bd. XII, 1904, Nr. 6/8.

[2]) Sorauer, P., Kammartige Kastanienblätter. Z. f. Pflanzenkrankh. 1903, S. 214.

stelle zeigte ebenso wie der Saum der einzelnen fiederigen Schlitzzipfel vielfach eine etwas gelbliche, härtere, manchmal ein wenig schwielig hervortretende Linie. Dieser schwielige Saum bestand aus tafelförmigen Korkzellen, denen nach aufsen hin nicht selten Fetzen von abgestorbenen Mesophyllzellen anhafteten. Man ersieht daraus, dafs die kammartigen Einschnitte nicht bereits in der Knospe angelegt gewesen, sondern erst später entstanden sind.



Fig. 108. In der Knospenlage durch Frost beschädigtes und bei der Streckung kammartig zerrissenes Blatt der Rofskastanie. (Orig.)

In den vorerwähnten durchscheinenden Linien, die erst stellenweise eingebrochen waren, fand man am unverletzten Teile das Mesophyll abgestorben. Der Zellinhalt war noch reichlich vorhanden, aber braun und zusammengeballt. Die Gefäfsbündel zeigten die bekannten Frostbräunungen. Dafs gerade stets die Mittellinie der Intercostalfelder vom Frost beschädigt worden ist, erklärt sich durch die eigenartige Faltung der Blattflächen in der Knospenlage.

Dieselben Erscheinungen fand ich noch bei *Acer Pseudoplatanus* und einzelnen derbblätterigen anderen Ahornarten, bei letzteren jedoch

nur in Form unregelmäfsiger Durchlöcherungen. LAUBERT[1]) beobachtete fiederige Zerschlitzung bei Blättern von Birke und Weifsbuche. THOMAS[2]) deutet die Schlitzblätterigkeit hauptsächlich als eine Folge der Windwirkung. Es ist seit A. BRAUN und CASPARY hinlänglich bekannt, dafs Kastanienblätter durch gegenseitige Reibung der Blattflächen durchlöchert und stellenweise zerschlitzt werden können; aber die hier geschilderte Erscheinung hat nichts mit der Windwirkung zu tun. Ich habe die Anfänge der Schlitzblätterigkeit bei Bäumchen entstehen gesehen, welche bald nach der Frostwirkung ins Zimmer gebracht worden waren[3]).

Das Aufziehen der Saaten.

Abgesehen von den Schädigungen, welche die überwinternden krautartigen Pflanzen durch ein zu langes Liegenbleiben der Schneedecke erleiden können, indem sie vielfach ersticken, haben wir eine andere Erscheinung in Betracht zu ziehen, welche namentlich dem Getreide verhängnisvoll wird, nämlich das Aufziehen der jungen Pflänzchen.

Grade die stark wasserhaltenden Bodenarten sind es, welche das Aufziehen der Saaten durch Frost zeigen. Nach unbeständiger Winterwitterung, bei welcher auf nasse Tage scharfe Fröste plötzlich folgen, sieht man im ersten Frühjahr nicht selten eine Menge junger Pflänzchen mit blofsgelegten Wurzeln auf der Oberfläche des Ackers. Ein Teil der Wurzeln ruht auch wohl noch mit seinen Spitzen in der Erde und fristet den Pflänzchen ein kümmerliches Dasein, während andere Würzelchen, vollkommen frei, mit abgerissenen Spitzen dem Vertrocknen durch Wind und Sonne entgegengehen. Die Erklärung des Vorganges liegt sehr nahe. Der schwere Boden hält grofse Quantitäten Wasser zurück; dieselben gefrieren, schiefsen als lange, nadelförmige Eiskristalle an und heben dadurch die oberen Bodenschichten samt der jungen Saat in die Höhe. Wenn ein Teil der feinen Wurzeln bereits in gröfsere Tiefe gegangen ist, werden diese abgerissen. Bei dem nachfolgenden Auftauen kann sich zwar der Boden setzen, die jungen Pflänzchen aber können nicht mehr zurück. Die Wiederholung des Vorganges bringt endlich obiges Resultat und, wenn man mit der Hilfe nicht schnell bei der Hand ist, namhafte Verluste zuwege. Die Hilfe beruht hier wohl meist in der Anwendung einer schweren Walze zu einer Zeit, wo das Feld schon einigermafsen abgetrocknet ist, aber die Pflanzen durch die wenigen, im Boden befindlichen Wurzeln sich noch frisch zeigen. Durch das Andrücken einer in Bestockung begriffenen Saat erhalten die untersten Stengelknoten Schutz und Feuchtigkeit genug, um neue Adventivwurzeln zu treiben und auf diese Weise den Schaden an Befestigungs- und Ernährungsorganen wieder allmählich zu ersetzen. Namentlich bei Getreidepflanzen wird das Walzen günstig wirken, und es lassen sich bei feuchter Frühjahrswitterung aus solchen aufgezogenen Pflanzen noch kräftige Halme heranziehen.

---

[1]) LAUBERT, R., Regelwidrige Kastanienblätter. Gartenflora, 52. Jahrg., 1903, Oktober.

[2]) THOMAS, FR., Die meteorologischen Ursachen der Schlitzblätterigkeit von Aesculus Hippocastanum. Mitt. d. Thüring. Bot. Ver. 1904, Heft XIX, S. 10.

[3]) Siehe Z. f. Pflanzenkrankh. 1905, S. 234, Anmerk.

Als Vorbeugungsmittel wird selbstverständlich die Drainage wirken. Günstig mag sich auch ein Lockern mooriger Erde durch Überfahren mit Sand zeigen. KÜHN[1]) fand aufserdem in dieser Beziehung die Drillkultur wirksam, indem man hierbei die Saaten behackt. Zwischen diesen entstehen dadurch „kleine Rillen, in die sich die Nässe vorzugsweise zieht, und so beobachtet man unter den angeführten Umständen in den Zwischenräumen ein Aufziehen des Bodens, während die Pflanzenreihen selbst unberührt bleiben". HEDWIG[2]) empfiehlt frühe Bestellung der Saat, um möglichst reichlich recht tiefgehende Wurzeln zu erzielen und dadurch die Pflanzen mehr im Boden zu befestigen.

EKKERT[3]) empfiehlt eine flache Saat, hauptsächlich aber die Anzucht kräftiger Pflanzen. Zur Befürwortung der flachen Saat scheint EKKERT durch den Ausspruch des Grafen PINTO-METTKAU bewogen worden zu sein, welcher angibt, dafs nur tiefliegende Saaten aufgezogen werden und bei diesem Aufziehen an der Basis des primären Internodiums reifsen, also an dem nur bei tiefer Saat sich stark streckenden Stengelgliede, welches den Bestockungsknoten in die Nähe der Bodenoberfläche hebt. Diese Ansicht wird auch von BREYMANN[4]) geteilt. Die Untersuchungen von EKKERT über die Festigkeit und Elastizität dieses untersten Stengelgliedes und der Wurzeln sprechen dafür, dafs die Wurzeln bei dem Aufziehen eher reifsen werden als das Internodium. Bei der flachen Saat ergibt sich die Möglichkeit, dafs nur die Wurzeln abreifsen und das flachliegende Korn also mitgehoben, der verletzten Pflanze somit als möglicher Reservestoffbehälter noch erhalten bleibt. Die Beschädigung würde somit geringer und bei Nachhilfe durch eine schnellwirkende Frühjahrsdüngung leichter zu überwinden sein

Als widerstandsfähige Art ist der Johannisroggen empfohlen worden. Unter den Weizensorten findet sich eine russische Sorte, der Urtoba-Weizen, als besonders widerstandsfähig angegeben. Übrigens werden weder Sorte noch Saattiefe den Ausschlag geben, sondern wohl vorzugsweise die Beschaffenheit des Bodens, dessen wasserhaltende Kraft dabei besonders ins Gewicht fällt.

Bei den jungen Gehölzkulturen kommt bei Barfrösten auch ein Aufziehen der Saaten vor. Die mit kräftigen, langen Pfahlwurzeln versehenen Kiefern- und Eichensämlinge leiden nicht, wohl aber die flachwurzeligen Fichten und Tannen und von Laubbäumen die Schwarzerle in moorigen Böden.

Innere Verletzungen bei jungem Getreide.

Unbeachtet ist es bis jetzt geblieben, dafs die Getreidepflanzen bei Barfrösten, auch wenn sie nicht aus dem Boden gezogen werden, innere Verletzungen erleiden, die bei anhaltend nasser Witterung bequeme Einfallspforten für parasitäre Pilze bilden. Aufser den gewöhnlichen Schwärzepilzen finden wir den Schneeschimmel, den Roggenhalmbrecher, den Weizenhalmtöter u. a., welche die weitere Zerstörung der Pflanze übernehmen. Die für Pilzerkrankungen disponierenden Frost-

---

[1]) Krankheiten der Kulturpflanzen 1859, S. 11.

[2]) cit. bei GÖPPERT, Wärmeentwicklung usw. S. 236.

[3]) EKKERT, Über Keimung, Bestockung und Bewurzelung der Getreidearten etc. Inauguraldissertation, Leipzig 1874; cit. in Biedermann's Centralbl. 1875, S. 204.

[4]) Über das Auswintern des Weizens, des Rapses und des Rotklees. Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie 1881, S. 829.

beschädigungen bestehen aufser in einer Bräunung der Gefäfsbündel innerhalb des Bestockungsknotens namentlich in dem blasigen Abheben der Oberhaut an bestimmten Stellen des Getreideblattes. Solche Abhebungen zeigen sich selbst an ganz jugendlichen, noch in der Knospenlage befindlichen Blättern, wie die beistehende Fig. 109 uns vorführt. Wir finden, dafs das junge Blatt an seinem äufseren Rande (*B*) derartig vom Frost beschädigt ist, dafs die Zellen braunen, geballten Inhalt bekommen haben und zusammengesunken sind, also in kurzer Zeit absterben werden (*gs*). Dagegen erscheint der übrige, noch schneckenförmig eingerollte Blattteil (*A*) vollkommen frisch und fortentwicklungsfähig.

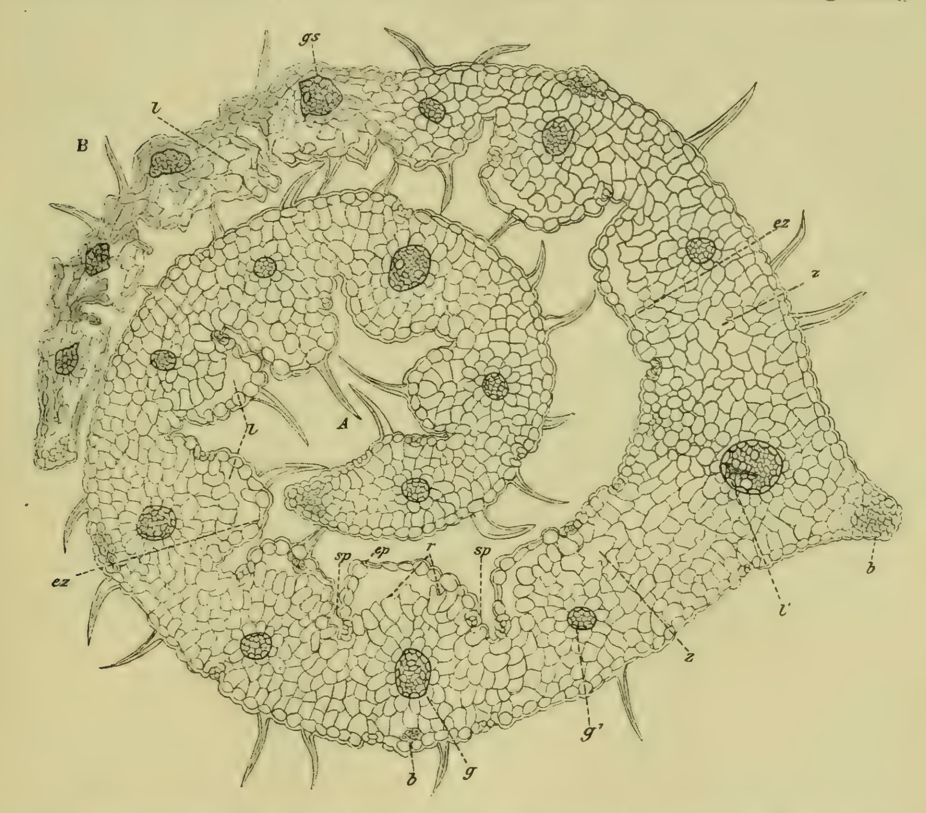


Fig. 109. Junges. frostbeschädigtes Roggenblatt mit Abhebungen der Epidermis. (Orig.)

Das während der Knospenlage sich oberseits bogig vorwölbende Blatt besitzt aufser den Hauptgefäfsbündeln (*g*), über denen auf der Aufsenseite Hartbaststränge (*b*) angelegt sind, noch die erst in der mittleren, breiteren Blattregion zur Ernährung des vermehrten Mesophylls sich abzweigenden schwächeren Bündel (*g'*). Von den durch Frost hervorgerufenen Gewebeveränderungen ist hervorzuheben, dafs sich radial gestreckte (*r*) zum Teil unregelmäfsig gezerrte (*z*), vergröfserte Zellen mit stark verbogener Wandung nach dem Auftauen bemerkbar machen. Dieser Befund beweist, dafs sich abnorme Spannungsverhältnisse entwickelt haben müssen. Diesen ist auch die am meisten augenfällige Erscheinung der Entstehung regelmäfsig gestellter Lücken

(*l*) zuzuschreiben. Die Lücken entstehen durch die blasige Abhebung der Epidermis vom eigentlichen Blattfleisch meist auf der Oberseite zwischen den Spaltöffnungsreihen (*sp*). Die Blattunter- oder Aufsenseite zeigt nur spärliche Lücken von geringer Ausdehnung. Für das Zustandekommen der Lücken bieten die stellenweise bemerkbaren tangentialen Streckungen einzelner, dabei zusammenfallender Epidermiszellen (*ep* und *ez*) einen bedeutsamen Hinweis. Der Epidermisbogen ist länger geworden, als er vor der Frostwirkung gewesen ist, und diese Verlängerung erfolgte durch die Zerrung einzelner Zellen. Aufser diesen Blattabhebungen ist eine bei *l'* angedeutete radiale Zerklüftung des Gefäfsbündels ein sehr charakteristisches Merkmal für Frostbeschädigung; dieselbe wird im Achsenkörper besonders bedeutungsvoll.

Betreffs einer Unterscheidung der Lückenbildung durch Frostwirkung von den senilen Gewebezerreifsungen geben wir in Fig. 110 den Querschnitt des ersten scheidenförmigen Blattes einer Roggenpflanze wieder, dessen Innengewebe im Laufe der normalen Entwicklung bei dem Ableben zerreifst; die dadurch entstehenden Lücken (*h*) sind s t e t s t a n g e n t i a l.

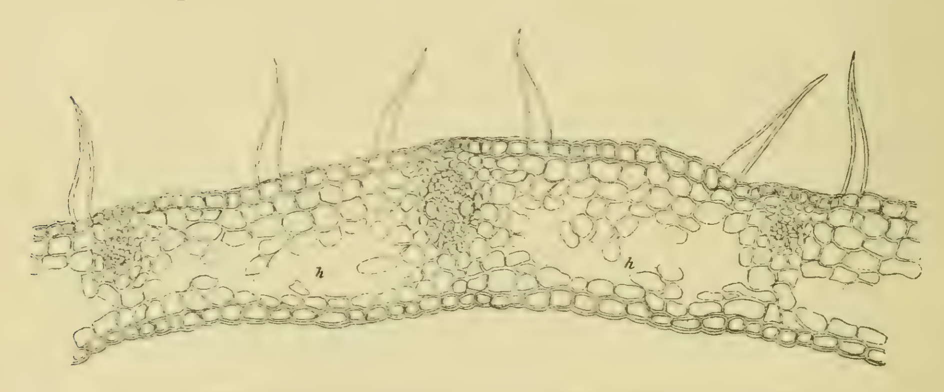


Fig. 110. Natürliche Lückenbildung im scheidenförmigen Roggenblatt bei zunehmendem Alter. (Orig.)

Innere Verletzungen im Getreidehalme.

Viel wichtiger aber, als die Blattbeschädigungen sind die Frostwirkungen im Halme, von denen wir meist keine Ahnung haben, da mit blofsem Auge eine Veränderung an der Pflanze nicht bemerkbar wird. Fig. 111 gibt die Abbildung eines frostbeschädigten unteren Halmknotens vom Roggen.

Das Gewebe des Halmes (*H*) ist fest umschlossen von der Scheide (*Sch*), deren äufsere Epidermis mit *e*, deren innere mit *e'* bezeichnet ist, während *e''* die Oberhautzellen des Halmes zeigt. Die bei allen Frosterscheinungen auftretende Bräunung der Gefäfse in den einzelnen Bündeln ist bei *u* und *u'* angedeutet, wo zwischen den weiten Ringgefäfsen die engeren Spiralröhren am meisten geschädigt erscheinen. Bei *br* befinden sich Nester gebräunter Parenchymzellen in der Scheide, bei *br'* solche im Halm selbst; bei *v* und *v'* zeigen sich gebräunte Zellpartien in der Scheide und im Halm, deren Wandungen äufserst stark a u f g e q u o l l e n sind, so dafs die ganze Zelle zu einer gleichartigen gelben, gummiähnlichen Masse umgebildet erscheint. An anderen

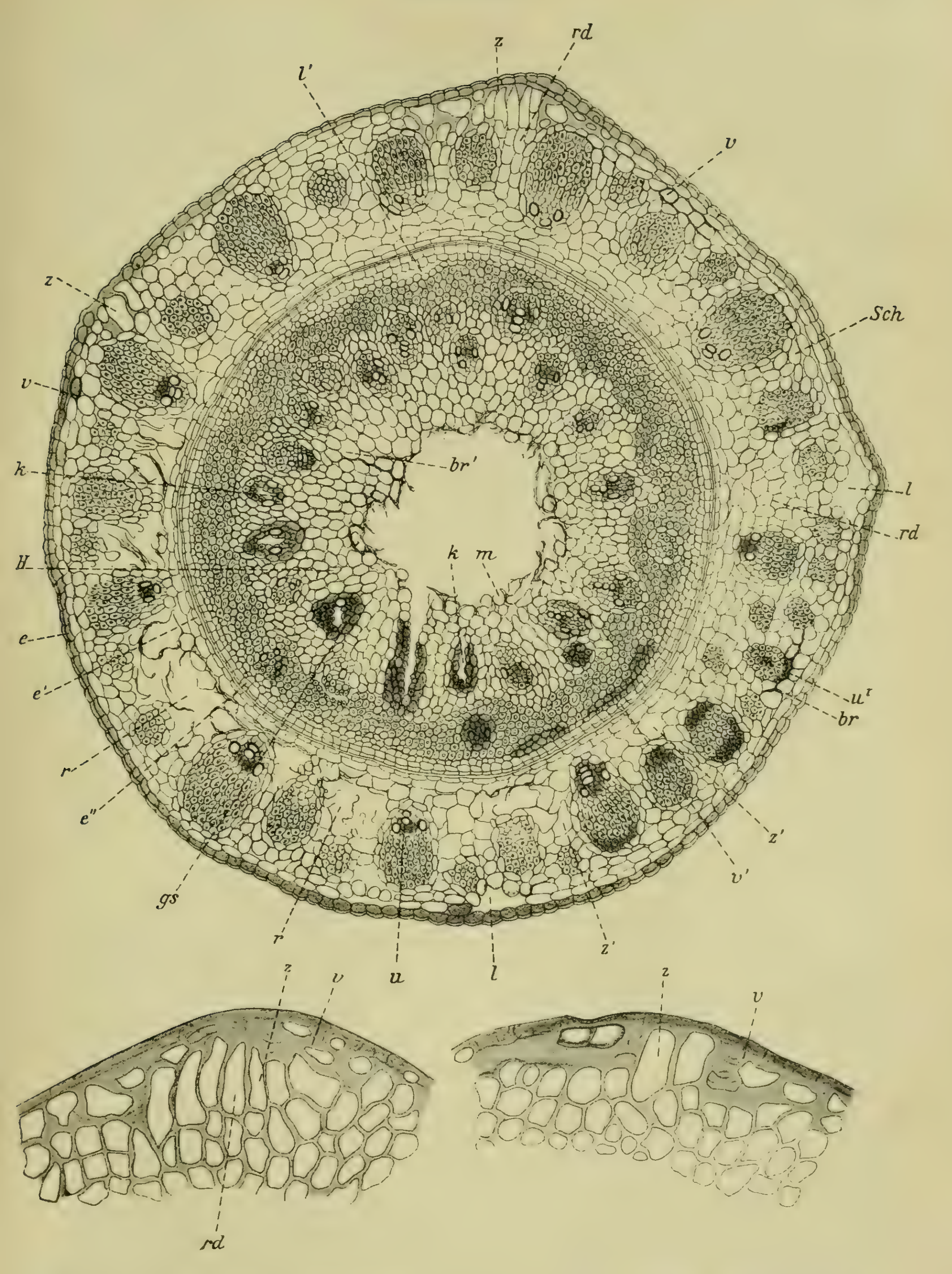


Fig. 111 (obere Figur). Halmknoten aus einer frostbeschädigten Roggenpflanze. Fig. 112 und 113 (untere Figuren). Verquellungen der Membranen an frostbeschädigten Blattscheiden eines Roggenhalmes. (Orig.)

Stellen (*r*) ist das Parenchym im Innenteil der Scheide zerrissen oder durch Abheben der Epidermis mit peripherischen Lücken versehen. In der Nähe derartiger Lücken oder manchmal an Stelle derselben treten gestreckte Zellen auf, welche darauf hindeuten, dafs bei dem Gefrieren sich der Halm überwiegend in tangentialer Richtung zusammengezogen und die Epidermis gezerrt hat. Dadurch, dafs die Epidermis, nicht so elastisch wie das übrige Rindengewebe, infolge der Zerrung dauernd verlängert bleibt, mufs sie bei dem Nachlassen des Frostes sich stellenweise abheben (*l* und *l'*) oder doch lockern, so dafs das darunter liegende Parenchym durch den verminderten Epidermisdruck nun schlauchförmig sich streckt (*rd*). Die vergröfserten Zellen, die meist unter der äufseren Epidermis liegen (*z*), seltener auf der Innenseite sich finden (*z'*), besitzen manchmal stark verbogene oder gezerrte Wandungen.

Diese Zustände sind in Fig. 112 und 113 vergröfsert dargestellt. Hier erscheinen die Quellungsvorgänge an den Wandungen so stark, dafs man nur undeutlich die Grenzen der einzelnen Zellen noch zu unterscheiden vermag und manche Zelllumina fast gänzlich verschwinden (*v*). Die mit den Quellungserscheinungen im vorliegenden Falle verbundene Lockerung des Epidermisdruckes hat nun die Überverlängerung des darunter liegenden Gewebes zugelassen, so dafs teils gröfsere Gruppen (*rd*), teils vereinzelte verbogene, abnorm vergröfserte Zellen (*z*), sich ausbilden konnten.

Höchst beachtenswert sind endlich die Zerklüftungserscheinungen innerhalb der Gefäfsbündel und um dieselben. In den Gefäfsbündeln findet die Zerklüftung meist in radialer Richtung (Fig. 111 *k*) statt, und zwar derartig, dafs das zartere Gewebe zwischen den beiden weiten Gefäfsen zerreifst. Die Umgebung der Gefäfsbündel kann stellenweise so stark zerrissen sein (*r*), dafs das Bündel halbinselförmig in der Lücke liegt. Diese Erscheinung macht den Eindruck, als hätte sich das Parenchym infolge der Frostwirkung so heftig zusammengezogen, dafs es von den nicht nachgebenden Bündeln abgeplatzt ist. Falls derartige Spannungsdifferenzen weniger extrem sich geltend machen, wird das Parenchym in der Umgebung der Bündel nur stark gezerrt, so dafs nachher vergröfserte Parenchymzellen mit verbogenen Wandungen entstehen (*z'*).

Von hervorragender Wichtigkeit für das Leben der Pflanze sind die Beschädigungen der Gefäfsbündel, deren Elemente unbedingt an Leitungsfähigkeit einbüfsen müssen. Es ist daher erklärlich, dafs frostbeschädigte Pflanzen in ihrer Entwicklung zurückbleiben, und dafs sie, selbst ohne Mitwirkung parasitärer Organismen, die besonders gern geschwächte Saaten aufsuchen, weniger Stroh und namentlich schlecht ernährte Körner liefern. In der Regel kommt aber noch eine parasitäre Beschädigung durch Rost, Schwärzepilze und andere Blatt- und Spelzenbewohner hinzu. Denn da niemals alle Pflanzen eines Feldes gleich stark leiden (weil aufser der individuell verschiedenen Widerstandsfähigkeit die Bodenunebenheiten bald frostfördernd, bald frostschützend wirken), so ist auch die Entwicklung der Halme eine unregelmäfsige. Zwischen kräftig fortwachsenden Exemplaren stehen die stärker beschädigten im Schatten und Druck der ersteren. Licht- und Luftmangel und Steigerung der Feuchtigkeit zwischen den unterdrückten Pflanzen begünstigen die Ansiedlung und massenhafte Ausbreitung der Pilze.

Halmknicken.

Die vorstehend geschilderten Veränderungen in frostbeschädigten Halmen haben nun, je nach den Stellen, wo der Frostangriff am intensivsten war, verschiedene Folgeerscheinungen aufzuweisen. Der häufigste Fall ist, dafs bei Spätfrösten die Halmbasis angegriffen wird. Meistens treten diese Schädigungen nesterweise im Acker auf, weil die kalte Luft sich in tiefliegenden Bodenmulden anhäuft. Hier sammelt sich aber auch am meisten die Feuchtigkeit von den atmosphärischen Niederschlägen, so dafs zu den Froststörungen die parasitäre Ansiedlung kommt. Die Halmbasis kann dann vermorschen und der Halm umknicken. Viele der als durch *Leptosphaeria* und *Ophiobolus* veranlafst dargestellten Fälle von Halmknicken erweisen sich als kombinierte Erscheinungen, zu denen der Frost die erste Veranlassung gegeben hat.

Es kommen aber auch andere Fälle vor, bei denen die Halme nicht an der Basis, sondern in verschiedener Höhe umknicken. Die Erscheinung tritt nicht immer in einzelnen Nestern auf, sondern ist bisweilen streifenweise zu finden und zeigt sich so, dafs gesunde und kranke Halme gemischt stehen. Derartige Fälle geben nicht selten zu Streitigkeiten Veranlassung, indem sie grofse Ähnlichkeit mit Hagelschäden haben. Eine Entschädigung wird aber dann seitens der Hagelversicherungsgesellschaften abgelehnt, da sich keine Anschlagsstellen der Hagelkörner nachweisen lassen.

Bei dem basalen Halmbruch erweist sich der Halmgrund braun, und die Bestockungstriebe sind fast sämtlich abgestorben, vielfach sogar erweicht und stets von Mycelpilzen, bei anhaltender Feuchtigkeit auch von Bakterien, Milben und Anguillen besiedelt. Bei dem Umknicken in höheren Halmregionen erscheint der Halmgrund fest und grün; die Bestockungstriebe sind nur vereinzelt abgestorben und mehrfach ohne Verpilzung. Am häufigsten zeigt sich die culmale Knickstelle am zweiten oder dritten Internodium oberhalb der Bodenoberfläche und charakterisiert sich als teils einseitige, teils ringsherum verlaufende braune Zone, deren Färbung nach dem nächst höheren Knoten hin an Intensität zunimmt. Demnach erscheint die dicht unterhalb eines Knotens belegene Region eines Halmes als die am meisten empfindliche. Dennoch vermag der an das tiefgebräunte Gewebe oberhalb anstofsende Knoten häufig noch eine Aufwärtsbiegung des umgelegten Halmes auszuführen, so dafs derselbe mit einem Knie wieder aufrecht zu stehen kommt. Aber die Ähre an solchen Pflanzen ist schwach und lückig. Die Wurzeln erscheinen gesund, der gebräunte Halmteil fast stets ohne irgendeine Pilzvegetation.

Die Kahlährigkeit.

Die scheinbar am wenigsten mit Frostschäden Beziehungen besitzende Erkrankung ist die Kahlährigkeit, wie sie in Fig. 114 *A* und *B* uns entgegentritt. Die Erscheinung ist bisher von mir nur bei Roggen gefunden worden, und ich schildere nunmehr einen Spezialfall, den ich im Juni 1900 zu beobachten Gelegenheit hatte [1]). Hier zeigten sich die Halme meist von normaler Gröfse und kräftigem Wuchs, aber besafsen im obersten oder nächstunteren Gliede bleichgelbe, später

[1]) Sorauer, P., Über Frostbeschädigungen am Getreide und damit in Verbindung stehende Pilzkrankheiten. Landw. Jahrbücher 1903, S. 1.



Fig. 114. Verschiedene Formen der Kahlährigkeit. (Orig.)

strohfarbige bis braungelbe, oft dunkler umsäumte Flecke, die oft zu einer den Halm umfassenden Binde sich erweiterten. In anderen Fällen erwies sich der Halm bis zum obersten Internodium ganz gesund. Oberste Blattscheiden und Blätter aber waren strohfarbig gefleckt (Fig. 114 *Bt*) oder getupft; höchster Teil des Halmes nebst Basis der Ährenspindel rötlich-strohfarbig, Ährenspindel selbst braungliedrig, lachsfarbig punktiert, am Grunde ganz kahl (*k*) und weiter aufwärts mit anfangs fädigen, später etwas breiter werdenden papierartigen Spelzen bedeckt (*sp*). Die Spitze der Ähre kann dabei noch zur vollständigen Entwicklung kommen, wie Fig. 114 *B* zeigt, und in dem Maſse, wie man sich dem grünen Gipfelteil der Ähre nähert, sieht man, wie die fadenartigen, weiſsen Spelzen derber und gröſser werden und sich in ihrer Beschaffenheit dem normalen Zustande nähern. Bisweilen findet man Gruppen bereits ergrünter und fleischiger Spelzen im Verlaufe des kahlbleibenden Spindelteils (Fig. *Bg*). In Fig. *A* ist ein Fall dargestellt, bei welchem die unteren Spelzen normal und grün, die obersten zwar normal in Gröſse und Gestalt sind, aber ein rosa-strohfarbiges Aussehen haben. Zwischen Gipfel und Basis ist die Ähren-

spindel nackt. In den intensivsten Fällen der Beschädigung ist an Stelle der Ähre nur eine kahle, braungliedrige, lachsfarbig punktierte Ährenspindel übrig geblieben. Die lachsfarbigen Punkte sind die Ansatzstellen der Ährchen, die durch üppig entwickelte Pilzrasen gefärbt sind.

Fast bei allen Formen der Kahlährigkeit biegt sich durch Vertrocknen des kahlen Spindelteils die Ährenachse krummstabförmig (Fig. 114 *B g*). An den im Bilde vorgeführten Beispielen erkennt man deutlich, dafs die Kahlährigkeit ganz lokal wirkenden Ursachen ihre Entstehung verdanken mufs. Wenn man diese Erscheinungen auf einem Felde studierte, auf welchem besonders zahlreiche Pflanzen an Kahlährigkeit litten, bemerkte man, dafs die Beschädigungszonen in annähernd gleicher Entfernung vom Boden zu finden waren. Es mufste somit die schädigende Ursache für die Kahlährigkeit in einer Luftschicht sich befunden haben, die ausschliefslich in einer gewissen Entfernung vom Boden vorhanden gewesen ist. Je nachdem nun die nach ihrer individuellen Entwicklung

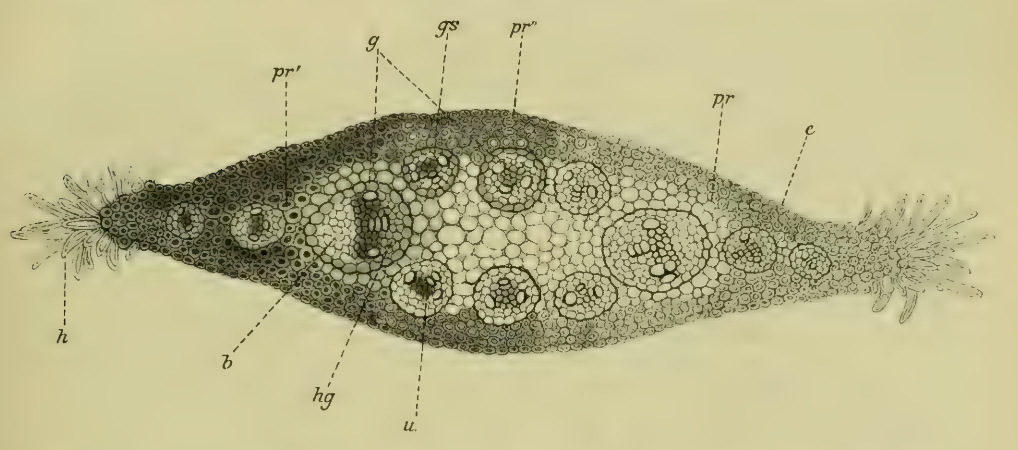


Fig. 115. Querschnitt durch ein Internodium der Ährenspindel eines an Kahlährigkeit leidenden Roggenhalmes. (Orig.)

in verschiedenen Stadien befindlichen Roggenpflanzen in diese schädigende Luftschicht hineingereicht haben, sind sie verschieden beschädigt worden. Daraus erklärt sich, dafs bald der untere, bald der obere Teil der Ähre kahl geworden ist. Bei den bestentwickelten, höchsten Pflanzen, bei denen die auf den längsten Halmen stehenden Ähren sich bereits oberhalb der schädigenden Luftschicht befanden, sind die Ähren selbst gänzlich unverletzt geblieben; nur das oberste Halmglied hat eine bleiche Binde erhalten.

Bei Erwägung der Ursache der Kahlährigkeit liegt die Vermutung am nächsten, dafs der an den Binden und namentlich an der Ährenspindel erkennbare und an den Ansatzstellen der Blüten in lachsrosa Räschen auftretende Pilz die Krankheit veranlafst habe. Diese Annahme ist jedoch irrig, da auch schwere Beschädigungen der Spindel beobachtet worden sind, ohne dafs die Gegenwart von Pilzen nachgewiesen werden konnte. Es ist deshalb dieser Pilz, der zur Gattung *Acremonium* gehört, als eine sekundäre Ansiedlung, ebenso wie das selten fehlende *Cladosporium* anzusprechen.

Untersuchte man nun die geschädigte Spindel an solchen Stellen, an denen *Acremonium* sich nicht angesiedelt hatte, so bekam man die Bilder, die in Fig. 115 und 116 dargestellt sind. Fig. 115 stellt den Querschnitt durch ein Internodium, Fig. 116 den durch einen Knoten der Ährenspindel dar. Mit *e* ist die Epidermis, mit *h* deren Haare bezeichnet, *g* gesunde Gefäfsbündel, *g'* ein Bündel mit gequollenen, gebräunten Wandungen, *gs* Gefäfsbündelscheide, *b* Bastteil, *hg* Holzteil des Bündels, *u* tiefbraunes Gewebe zwischen den beiden grofsen Gefäfsen, welches am empfindlichsten ist und bei verschiedenen anderen Ursachen sich auch zuerst geschädigt erweist: *pr* gesunde Prosenchymzellen, *pr*^I^ solche mit gesunder Wandung, aber braun ausgefülltem Lumen, *pr''* Prosenchym mit farblosem Innenraum, aber tief gebräunten Wandungen, *r* Parenchymzellen in Epidermis und Rindengewebe mit

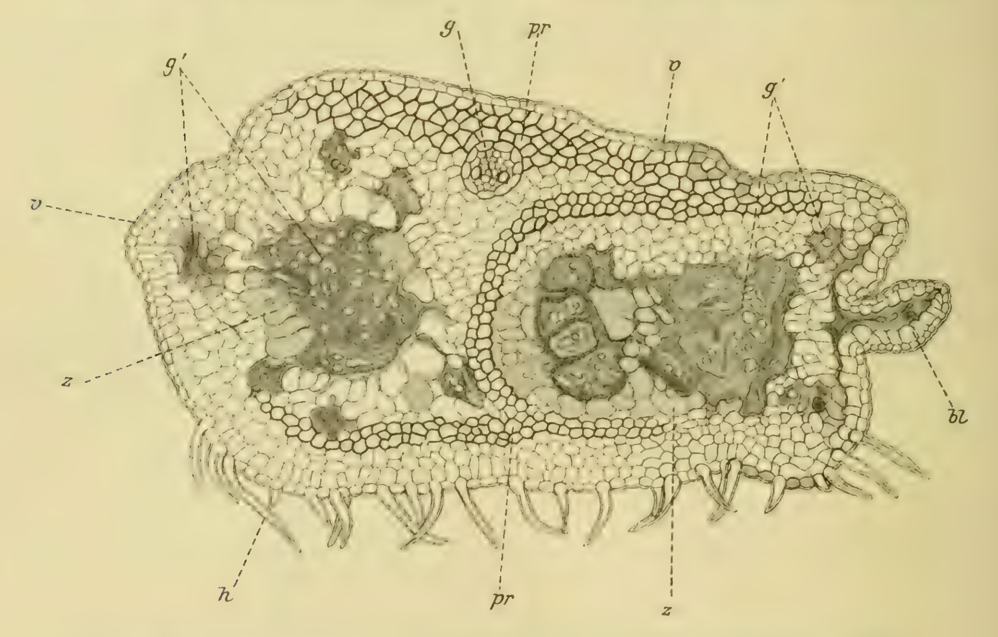


Fig. 116. Querschnitt durch den Nodus einer kahlährigen Spindel. (Orig.)

gelben, dick verquollenen Wandungen und schwer oder nicht mehr erkennbarem Lumen, *z* gezerrte Zellen in der Umgebung der gummiähnlich verquollenen Gewebeherde, *bl* Basalteil eines Ährchens, das hier vom Knoten abgeht.

Man findet somit an den kahlen Stellen der Ährenspindel alle diejenigen Beschädigungsformen wieder, die in den unteren Halmknoten frostbeschädigten Getreides bemerkbar sind; nur sind an Stelle der Gewebezerklüftungen die Membranquellungen vorherrschend. Dieselben sind besonders ausgedehnt an den Ansatzstellen der Ährchen, weil dort viel reichlicher parenchymatisches, also frostempfindliches Gewebe vorhanden ist. Und solche gummiähnlich verquollenen Gewebeherde liegen tief im Innern der Spindel. Durch diesen anatomischen Befund unterscheidet sich die Kahlährigkeit durch Frost von den ähnlichen, lange bekannten Ährenbeschädigungen durch die Getreideblasen-

füfse (*Thrips*), deren Saugstellen oberflächlich bleiben. Allerdings findet man auch nicht selten an den frostbeschädigten Ähren Blasenfüfse, da diese Tiere geschwächte Organe mit Vorliebe aufsuchen; aber ihre meist geringe Zahl und die Veränderung des Gewebes der Spindel lassen keinen Zweifel, dafs es sich hier um eine sekundäre Besiedlung handelt.

Ausschlaggebend ist der Umstand, dafs es mir gelungen ist, durch künstlichen Frost alle hier geschilderten Blatt-, Halm- und Ährenbeschädigungen hervorzurufen. Auch alle verschiedenen Formen der Körnerschrumpfung konnten experimentell erzeugt werden.

Die Kahlährigkeit durch Frost tritt nur in einzelnen Jahren und in gröfserer Ausdehnung blofs an bestimmten Lokalitäten auf.

Der Gedanke, dafs nur einzelne Regionen des Halmes durch Frost beschädigt werden, wie dies bei der Kahlährigkeit vorausgesetzt werden mufs, hat anfänglich etwas Befremdliches. Aber man wird sofort vertrauter damit, wenn man die Regionen ins Auge fafst, die gelitten haben. Entweder ist es der zuletzt aus der Scheide herausgetretene Basalteil der Ähre, samt dem anstofsenden obersten Teile des Halmes, oder es ist der unmittelbar unter einem Knoten belegene Teil eines Internodiums, der dann die Frostbinde zeigt. Diese genannten Regionen sind aber die weichsten und empfindlichsten am ganzen Halme, und analoge Erscheinungen finden wir auch bei dikotylen Gewächsen, bei denen wir Blüten- und Fruchtstiele nur an der Stelle verletzt und geschwärzt sehen, die unmittelbar an den Blütengrund angrenzt, während der ältere Teil gesund bleibt.

Wie die Witterungsverhältnisse sich gestalten müssen, um bei dem Getreide die lückigen Ähren oder die Halmbinden hervorzurufen, konnte durch Beobachtung nicht festgestellt werden, weil man doch erst längere Zeit nach der Frostwirkung auf die Erscheinung aufmerksam geworden war. Einzelne der zu Rate gezogenen Meteorologen neigen zu der Ansicht, dafs der Tau dabei eine Rolle spiele.

Die Frostnächte im Mai sind meist windstill, und die Beschädigung der Pflanzenteile erfolgt durch Abkühlung der Organe infolge von Strahlung. Die Bodenoberfläche selbst kann sich bei einem bestandenen Roggenfelde nicht sehr stark abkühlen, da sie ihre Tageswärme durch den Mantel, den die zwischen den Halmen befindliche, schwer bewegliche Luft bildet, lange behält. Die stärkste Abkühlung durch Strahlung kann nur in den oberen Halmregionen erfolgen. Diese sind aber von dem nächtlichen Tau bedeckt. Wenn sich nun plötzlich der Morgenwind bei Sonnenaufgang erhebt und schnelle Verdunstung des Taues einleitet, kann diese Verdunstungskälte bis unter den Gefrierpunkt kommen. Alle Stellen mit geringerer Taumenge, sowie die Teile, die durch vorliegende andere Halme geschützt werden, bleiben dann vor dieser bis auf den Gefrierpunkt sinkenden Abkühlung bewahrt. Die Verteilung des Taues auf denselben Pflanzenteil wird aber auch verschieden sein insofern, als die Stellen, welche durch Biegung des Organes horizontaler als andere geneigt sind, gröfsere Taumengen festhalten werden. Unter den der Frosttemperatur ausgesetzten Organen werden jedoch auch nur wieder die besonders zarten leiden, und so erklärt sich, dafs an einer Ähre blofs einzelne Stellen beschädigt werden können. Für die Tatsache, dafs vorzugsweise die Ährenbasis geschädigt sich erweist, kommt der Umstand erklärend hinzu, dafs der Frost nicht die plasmareichsten, sondern die plasmaarmen Organe unter sonst gleichen Ver-

hältnissen zuerst beschädigt. Die Ährchen an der Basis der Ähre sind aber die schlechtest ernährten und plasmaärmsten, wie jede gesunde Getreideähre erkennen läfst.

Infolge einer Unterhaltung mit dem Direktor der Deutschen Seewarte, Herrn Admiral Herz, liefs mir derselbe in liebenswürdiger Weise später folgende Erklärung zugehen. „In Pflanzendickichten, sie mögen hoch oder niedrig sein, wird einerseits der Boden durch Beschirmung gegen die nächtliche Ausstrahlung geschützt, andrerseits geht diese Ausstrahlung von der Oberfläche des Dickichts kräftig und, wegen der schlechten Wärmeleitung, sehr wirksam vor sich. Aber die an den Blättern erkaltete Luft sinkt in das Sieb des Dickichts herab, wie sie an den Hängen in die Mulden des Bodens hinabsinkt. Es ist deshalb sehr wohl denkbar, dafs die niedrigsten Lufttemperaturen etwas unter der Oberfläche eines solchen Dickichts sich einstellen, besonders wenn einerseits seine Dichte nach unten zunimmt und andererseits die Wipfel auch durch einen leichten Wind vor allzuweit gehender Erkältung geschützt werden."

In welcher Weise tatsächlich im Freien sich die Vorgänge abspielen, welche die schädigende Abkühlung einzelner horizontaler Luftschichten in gröfserer Entfernung von der Bodenoberfläche zuwege bringen, bleibt weiterer Beobachtung überlassen. Aber dafs Kahlährigkeit durch derartige Frostwirkungen hervorgerufen wird, zeigt eben das Experiment, bei welchem ein Hohlzylinder mit einem die Kältemischung enthaltenden Mantel über den oberen Teil blühender Roggenhalme gestülpt worden war. Bei der Unmöglichkeit für die einzelnen horizontalen Luftschichten innerhalb des Gefrierzylinders, sich schnell zu vermischen, erwies sich auch nur eine bestimmte Zone derart abgekühlt, dafs sie die geschilderten Ährenbeschädigungen zuwege brachte.

Dafs auch bei Waldbäumen sich Beschädigungen einstellen, welche auf das Vorhandensein einer den Frosttod herbeiführenden Luftschicht oberhalb der warmen Bodenoberfläche hinweisen, schliefsen wir z. B. aus den Beobachtungen von Nördlinger[1]). Er sah im Juni 1862 im Hohenheimer Oberen Walde junge Schosse von Sale, Eichen und Aspen, im August 1883 mehrere Weidenarten, namentlich *Salix fragilis*, am Grunde der Blattstiele erfroren, ohne dafs eine Frostnacht eingetreten gewesen wäre.

Bewegungserscheinungen durch Frost.

Bei manchen den Frost überlebenden Pflanzen erfolgen bei dem Gefrieren eigentümliche Bewegungserscheinungen, welche bei dem Auftauen wieder verschwinden. Göppert (Wärmeentwicklung in den Pflanzen S. 12) erwähnt die Beobachtung von Linné, dafs die Blätter einer Wolfsmilch (*Euphorbia Lathyris*) sich mit der Spitze abwärts neigen, bis das Blatt dem Stengel anliegt. Die Blätter vom Goldlack (*Cheiranthus Cheiri*) sehen im gefrorenen Zustande wie verwelkt und mannigfach gekrümmt aus und erlangen nach dem Auftauen wieder ihre frühere Beschaffenheit und Stellung.

Wittrock[2]) erblickt in den Bewegungserscheinungen einen Schutz gegen Winterkälte. Beispielsweise biegen sich die immergrünen Wurzel-

[1]) Nördlinger, H., Lehrbuch des Forstschutzes. Berlin, P. Parey 1884, S. 347.
[2]) Bot. Ges. zu Stockholm. Sitz. v. 24. Oktob. 1883; cit. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 50, S, 350.

blätter zahlreicher Kräuter rückwärts und abwärts, so daſs wenigstens der äuſsere Teil der unteren Blattfläche gegen den Boden gedrückt erscheint; im Sommer stehen sie schräg aufrecht. Besonders deutlich bemerkbar ist dies bei *Hypochoeris maculata L.*, *Geum urbanum L.*, *Cerefolium sativum L.* u. a. Auch einige zeitige Frühlingspflanzen, wie *Ranunculus Ficaria L.*, zeigen dasselbe Verhalten. HARTIG erkennt in diesen Erscheinungen gleichsam ein Welken der Pflanzenteile infolge der Schlaffheit der Zellen, aus denen Wasser in die Intercellularräume herausgefroren ist. Da je nach der Jugend und Ausbildung des Gewebes das Ausfrieren des Wassers in verschiedenen Regionen des Organes verschieden sein wird, so dürfte sich dadurch auch die Verschiedenartigkeit der Bewegung bei Frost erklären.

Derartige Bewegungserscheinungen sind aber keineswegs an die Eisbildung gebunden und sind nur extreme Fälle thermonastischer Reaktion, die, wie PFEFFER[1]) erwähnt, schon in den abendlichen Senkungen von Blüten, Blättern und Sprossen zum Ausdruck kommt. VÖCHTING[2]) beobachtete an *Mimulus Tilingii* Rgl., daſs im Frühling Sprosse bestimmten Alters bei hoher Temperatur emporwachsen, bei niedriger dagegen eine horizontale Richtung behalten oder, falls sie bereits aufrecht sich entwickelt haben, die horizontale wieder annehmen. Beleuchtung und Luftfeuchtigkeit sind dabei ohne Einfluſs. Er meint, daſs bei andauernd geringen Wärmegraden die Pflanze nur kriechende Triebe entwickeln dürfte, an denen niemals Blüten entstehen. Mit dem Blühen hört diese Empfindlichkeit auf, die als Psychroklinie bezeichnet wird. Daſs es sich bei derartigen Bewegungen nicht bloſs um Turgoränderungen handelt, sondern wirklich auch Reizwirkungen vorliegen, schlieſst LIDFORSS[3]) aus zahlreichen Beobachtungen an *Holosteum*, *Lamium*, *Veronica* usw. mit denen auch Klinostatenversuche angestellt wurden. Bei höherer Temperatur sind die Stengel negativ geotropisch, bei Temperaturen unter + 6° dagegen diageotropisch und epinastisch. Hier wirkt aber das Licht modifizierend, indem bei Lichtabschluſs die Stengel trotz der niederen Temperatur nicht mehr dia-, sondern negativ geotropisch sind.

Rein thermonastischer Natur sind dagegen die Bewegungen der Blütenstiele von *Anemone nemorosa*, die bei niederer Temperatur abwärts gekrümmt sind, bei höherer aber aufrecht stehen.

Bei den Blattstielen und Blattflächen bemerkt man vielfach die Annahme einer Horizontalstellung oder, an höheren aufrechten Achsen, das Zurückbiegen unter die Horizontalebene. Hervorheben möchten wir dabei aber den Umstand, daſs die Bewegungen sich meist in den Gelenken vollziehen und bei derselben Pflanze nicht immer gleichsinnig sich zeigen. Es kann vorkommen, daſs bei zusammengesetzten Blättern ein Teil der Foliola nach oben geschlagen ist, während die Mehrzahl nach unten sich zurückbiegt, daſs also einmal die morphologische Oberseite der Gelenkpolster sich verkürzt, ein andermal die Unterseite. Unter den Krümmungen, die bei Eisbildung besonders deutlich in die Erscheinung treten, ist das Rollen der Blattflächen hervorzuheben. Ein sehr leicht zu beobachtendes Beispiel bieten unsere winterharten

---

[1]) PFEFFER, Pflanzenphysiologie, II. Aufl., 2. Bd. (1904), S. 495.
[2]) Bot. Jahresb. 1898, I, S. 582.
[3]) LIDFORSS, BENGT, Über den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., 38 Bd., 1902, S. 343. (Z. f. Pflanzenkrank., 1903, S. 277.)

Rhododendron. HARSHBERGER[1]) beschreibt einen Fall bei *Rhododendron maximum*, bei welchem sich die Blattstiele bis um 70° senkten und die Blattränder sich stark rückwärts rollten, so daſs die Oberseite vorgewölbt erschien. Wurden die Pflanzen ins warme Zimmer gebracht, hatten schon nach 5 Minuten ihre Blätter in normale Stellung sich begeben. Als Grund dieses Vorganges vermutet H. eine eigenartige Reizbarkeit des Plasmas, während ich Spannungsdifferenzen zwischen den verschieden gebauten Gewebeschichten annehme.

Bei mehreren holzigen Pflanzen sieht man eine Bewegung der Zweige und Äste und zwar proportional der Kälte. Nach CASPARY[2]) richten *Acer Negundo* und *Pterocarya caucasica* ihre Beastung auf, während *Larix*, *Pinus Strobus* sowie *Tilia parvifolia* die Äste senken; *Aesculus Hippocastanum* und *rubra* sowie *Carpinus Betulus* senken die Äste bei geringen Frostgraden und richten sie bei stärkerer Kälte wieder auf. Bei dieser Hebung oder Senkung vollzieht sich gleichzeitig eine seitliche Bewegung, die bei einzelnen Arten nach rechts, bei anderen nach links hin erfolgt. An *Cornus sanguinea* sah FRANK[3]) die ein- bis dreijährigen Ästchen stark wellenförmig geschlängelt und umeinander gewunden. Die meisten Krümmungen zeigten sich deutlich nach einer und derselben Himmelsgegend orientiert, so daſs von FRANK auf die Wirkung eines aus bestimmter Richtung kommenden kalten Luftstromes geschlossen wurde.

Die Ursache für die genannten Bewegungsvorgänge an Blättern und Blattstielen sowohl als auch bei Zweigen möchten wir, wie gesagt, in Spannungsdifferenzen suchen, welche teils durch Turgescenzänderungen, teils durch ungleiche Zusammenziehung verschiedener Gewebeformen innerhalb desselben Organs bei Eintritt der Kälte zustande kommen.

Daſs eine Steigerung der Turgescenz der parenchymatischen Gewebe bei der „Frostwelke“ der Blätter unter Umständen die Straffheit derselben wieder herstellen kann, beweist ein Versuch, den ich bei *Aesculus Hippocastanum* ausgeführt habe.

Ein dreijähriges Topfexemplar wurde im Februar in ein Warmhaus gestellt. Es entwickelte sich sehr kräftig bis Mitte März, so daſs der Terminaltrieb bei 14 cm Länge sechs Blätter zur Entwicklung brachte. Das gröſste Blattfiederchen der beiden jüngsten Blätter besaſs eine Länge von 2,5 cm und bei den unteren, älteren von 5 cm bei 9 cm Blattstiellänge.

Die Pflanze kam am 14. März ins Freie. In der folgenden Nacht sank die Temperatur auf — 2,5° C, und am nächsten Morgen bemerkte man an vier der ältesten Blätter ein scharfes Einknicken der Blattstiele etwa in ihrer Mitte oder etwas unterhalb derselben. Die Knickstelle war flach zusammengedrückt und begann alsbald schlaff zu werden. Die Spitzen der Teilblättchen, die sonst kein welkes Aussehen hatten, waren an den geknickten Blättern schlaff und fingen an, sich braun zu verfärben.

Da ein solches Knicken der Blattstiele bisher nicht beobachtet worden war, wurde dieselbe Pflanze in der Nacht vom 21.—22. März wiederum ins Freie gestellt. Die Temperatur sank bis — 7° C, und

---

[1]) HARSHBERGER, JOHN, Thermotropic movements of the leaves of Rhododendron maximum; cit. Bot. Jahresb. 1899, II, S. 141.

[2]) Report of the international Horticultural Exhibition etc., London 1866; cit bei Nördlinger, Forstbotanik, I, S. 201.

[3]) FRANK, A. B., Krankheiten d. Pflanzen. Breslau 1895, Bd. I, S. 187.

am nächsten Morgen hingen die Fiederchen sämtlicher Blätter im scharfen Winkel abwärts. Die jüngsten Blättchen zeigten die Erscheinung im geringsten Grade. Selbst in noch gefrorenem Zustande erschien kein Teil der jungen Triebe spröde oder von glasiger Beschaffenheit, so dafs auf eine Bildung von Eiskrusten im Gewebe kaum geschlossen werden konnte. Die Blättchen waren weich und schlaff und von graugrüner Färbung, und die Blattstiele, solange die Pflanze im Freien stand, im starken Bogen nach abwärts gerichtet, aber noch nicht geknickt. Die Knickung trat erst nach einigen Stunden im Zimmer ein, und zwar, wie bei der erst beobachteten Beschädigung, wiederum etwa in der Mitte der ganzen Länge. Diese Stelle schrumpfte alsbald und bräunte sich. Gleichzeitig begannen sämtliche Teilblättchen mit Ausnahme der jüngsten, von ihrer Ansatzstelle aus sich zu schwärzen, wobei die Spitzen sich nach oben krümmten und trocken wurden.

Die Knickungsvorgänge müssen auf Hebelwirkung bei verminderter Turgescenz zurückgeführt werden. Denn sobald man einzelne der bei der schwachen Frostwirkung eingeknickten Blätter abschnitt und in Wasser stellte, verschwanden trotz der Knickstelle die Welkerscheinungen, und es trat eine grofse Straffheit der Gewebe ein. Zwar behielten die Teilblättchen ihre dem Jugendstadium eigene Abwärtsneigung, aber ihre Intercostalfelder wölbten sich stark zwischen den Rippen hervor, und ihre Seitenränder begannen sich nach unten zu richten.

Das Welken und Umknicken erklärte sich durch die inneren Zerklüftungserscheinungen im Markkörper des Blattstieles. Bei der Kastanie hat der Blattstiel insofern eine der Achse ähnliche Struktur, als er einen geschlossenen Gefäfsbündelkreis besitzt, der die breite, farblose Markscheibe vollständig gleichmäfsig umgibt und in einer der Markkrone ähnlichen Abstufung in dieselbe übergeht. Schon nach der schwächsten Frostwirkung bemerkte man an den Blattstielen, die noch nicht eingeknickt waren, aber durch Erschlaffung der entsprechenden Stelle als zur Einknickung vorbereitet sich erwiesen, dafs dort der Markkörper Lücken in meist radialer Richtung besafs. Dasselbe zeigte sich an der Blattstielbasis. Dadurch, dafs der hier im Zentrum der Markscheibe verlaufende, aus ein bis zwei Bündeln bestehende Gefäfskörper unberührt blieb und die Risse im Markparenchym allseitig radial verliefen, fand man bisweilen eine eigenartige, sternförmige Zerklüftungsfigur. Bei den Blättern, welche erst nach der zweiten, stärkeren Frostwirkung eingeknickt waren, erschien die Zerklüftung der Markscheibe bisweilen so stark, dafs der zentrale Gefäfsbündelstrang nur noch durch einen schmalen Parenchymstreifen mit den peripherischen Gefäfsbündeln zusammenhing, und die ganze übrige Markscheibe sich losgelöst hatte. Die Lücken setzten sich nicht selten in oder zwischen den peripheren Gefäfsbündeln fort und bildeten dann Zerklüftungen, welche bis zur Rinde reichten. Innerhalb derselben können sich noch tangentiale Abhebungen der zwei bis vier äufseren collenchymatischen Zelllagen vom zarten, inneren Gewebe hinzugesellen. Letzteres erwies sich chlorophyllreich und zeigte bisweilen sogar noch geformte Chlorophyllkörper. Ähnliche Störungen liefsen sich auch in den Mittelrippen stärker geschädigter Teilblättchen nachweisen.

Hier wurden Bräunungserscheinungen zuerst an den Gefäfswandungen wahrgenommen und dann traten sie in einzelnen Parenchymgruppen der Rinde auf.

Bei der Frostwelke im Freien kann natürlich eine so gesteigerte Wasserzufuhr, wie hier im Versuche durch Einstellen der abgeschnittenen Blätter in Wasser erzielt wurde, nicht Platz greifen, und deshalb bleiben die welken Organe lange Zeit oder auch dauernd im Welkzustande, namentlich wenn Gewebezerklüftungen und Veränderungen der Gefäfse die Leitungsfähigkeit herabdrücken. Dies kann nicht nur bei den einzelnen Arten und Individuen, sondern selbst an den einzelnen Zweigen desselben Exemplares verschieden sich gestalten. Ein Beispiel lieferte eine Ulme, die in einem Topfe stand und im Winter in einem Warmhause zum Austreiben gebracht worden war. Das Bäumchen, das einer Frostnacht mit nur 1° C Kälte ausgesetzt worden war, hatte an seiner Spitze gabelartig zwei Triebe entwickelt, welche in Länge, Blattzahl und Blattgröfse nahezu übereinstimmten In der Frostnacht hatte aber nur ein Trieb zu welken angefangen und zeigte auch einzelne welkende, aber keine Farbenänderung aufweisende Blätter. Die erschlafften Organe erholten sich bei mehrtägigem Aufenthalt im Zimmer nicht mehr, verrieten aber auch kein Fortschreiten im Welken. Es geht daraus hervor, dafs die Frostwelke eine ganz lokale mit dem Wasserauftrieb seitens der Wurzel nicht in direkter Beziehung stehende Erscheinung ist.

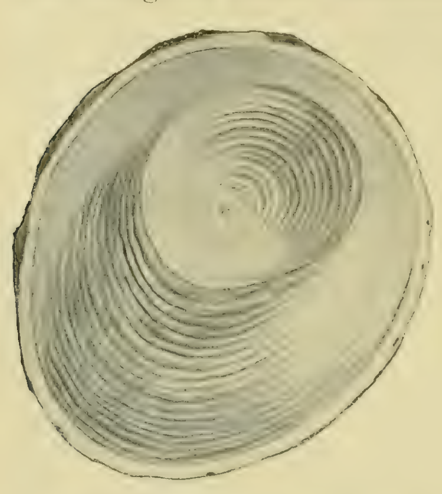


Fig. 117. Querschnitt durch einen Fichtenast, der das feste Rotholz im inneren Teile der Holzscheibe auf der Zweigoberseite, in den äufseren Jahresringen aber auf der Zweigunterseite zeigt. (Nach R. Hartig).

Bei den Bewegungserscheinungen der Zweige wird sich die Verschiedenartigkeit der Bewegungen leicht erklären lassen, wenn man den Bau der einzelnen Achsen genauer betrachtet und sieht, wie die Ausbildung der Jahresringe betreffs der Menge des dünnwandigen Frühlingsholzes (Fig. 118) zum derbwandigen, englumigen Herbstholze ständig wechselt. Man vergleiche in dieser Beziehung die Studien von R. Hartig[1]) über den Wechsel von dickwandigem Rotholz zum hellen lockeren Zugholz innerhalb desselben Querschnittes eines Fichtenastes. In beistehender Fig. 117 zeigt sich das Rotholz in den ersten Jahresperioden auf der Oberseite des Astes besonders stark ausgebildet; die späteren Jahrgänge weisen dann einen plötzlichen Wechsel auf, indem nunmehr die Astunterseite dunkel durch die dichte Rotholzbildung erscheint. Wie verschieden die Elemente von „Rotholz“ und „Zugholz“ gebaut sind, ersehen wir aus den anatomischen Bildern (Fig. 118 und Fig. 119).

Über das Zustandekommen derartiger Verschiedenheiten erlangen wir von R. Hartig sehr beachtenswerte Mitteilungen. Er gibt an, dafs z. B. bei Stämmen mit exzentrischem Wuchse die Jahresringbildung auf der beasteten Seite besonders stark entwickelt ist. Die Rotholzbildung erweist sich vielfach von der herrschenden Windrichtung abhängig, indem die vom

[1]) R. Hartig, Holzuntersuchungen. Berlin, Springer, 1901, S. 50.

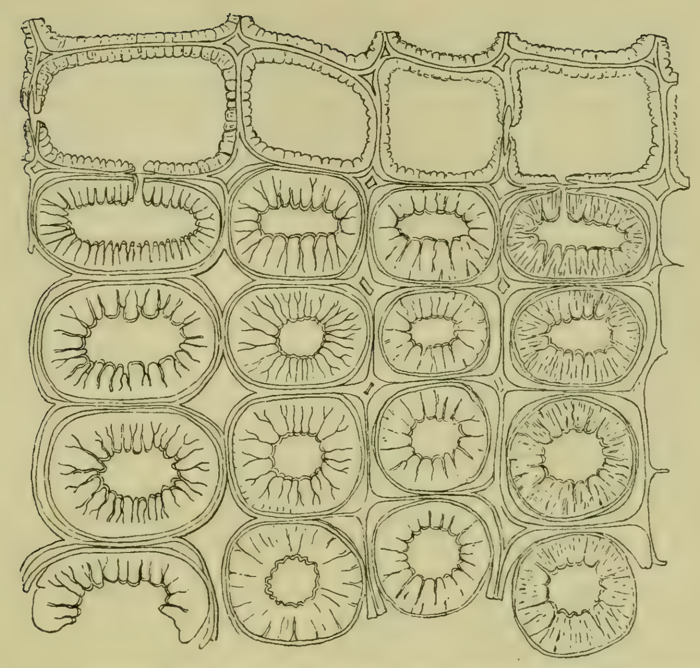


Fig. 118. Rotholz von der Unterseite eines Fichtenastes (Querschnitt). Die oberste Zellreihe gehört noch dem Frühjahrsholze an, die unteren vier Reihen sind Rotholz, das linksseitig grofse Intercellularräume besitzt. (Nach R. Hartig.)

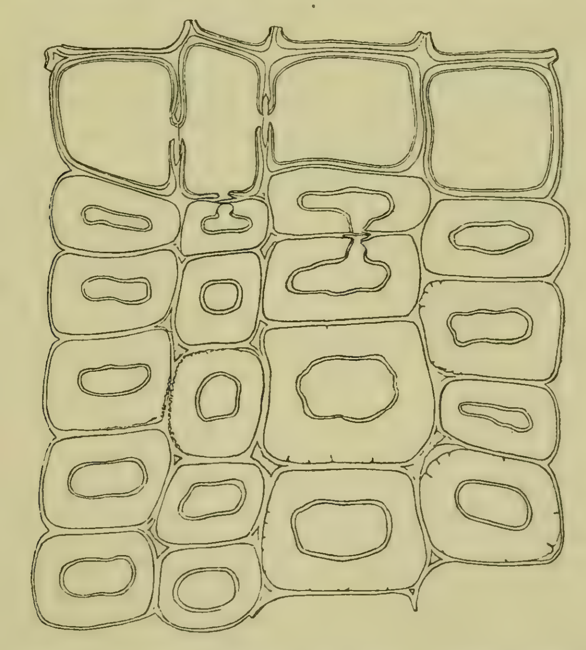


Fig. 119. Querschnitt durch Zugholz von der Oberseite eines Fichtenastes. (Nach R. Hartig.)

Winde abgekehrte Seite in der Rotholzbildung begünstigt wird. Hier wird, wenn der Westwind beispielsweise dauernd eine Fichte fafst, die Westseite gezogen und die Ostseite, nach welcher hin der Baum gebogen wird, stärker gedrückt und zur stärkeren Rotholzbildung veranlafst, während die bei der Biegung des Stammes gedehnte Windseite Zugholz produziert. Jeder Ast wird eine ebensolche Differenzierung aufweisen, denn durch das Gewicht der Benadlung wird der Ast nach unten gezogen; seine morphologische Oberseite steht also unter einem fortwährenden Zuge, der einen Reiz auf das Cambium ausübt, welches infolgedessen dünnwandigere, weniger verholzte, aber längere Tracheïden ausbildet, die das „Zugholz" darstellen.

Abgesehen von der Windwirkung wird die Holzausbildung eines jeden Astes durch seine Umgebung beeinflufst: die Beschattung durch andere Bäume, die Nähe von Felsen oder Mauern, die einseitige Wirkung gröfserer Feuchtigkeit, teilweise Entlaubung durch Tierfrafs oder sonstige einseitige Änderungen in der Ernährung der Achse werden Ungleichheiten in der Quantität und Qualität des Jahresringes herbeiführen. Daraus ergibt sich, dafs bei Kältewirkung die Zusammenziehung der Gewebe eine sehr wechselnde und die Senkung der Äste je nach Verteilung von Zug- und Rotholz eine sehr mannigfache sein mufs, also die von den einzelnen Forschern gemachten Beobachtungen keine allgemeine Gültigkeit haben können, sondern nur als Einzelfälle vorläufig zu registrieren sind.

Auf die Spannungsdifferenzen kommen wir in dem Abschnitt über die inneren Zerklüftungen eingehend zu sprechen.

Abfrieren älterer Zweigspitzen.

Fast so regelmäfsig wie der Blattabfall zeigt sich bei einzelnen unserer Holzgewächse ein Abfrieren der Zweigspitzen. Maulbeerbäume, Akazien und Himbeeren liefern die häufigsten Beispiele hiervon. Genauere Studien über diesen Punkt verdanken wir v. MOHL[1]), der darauf hinwies, in wie verschiedenen Stadien sich unsere Holzgewächse bei Eintritt des Winters befinden.

Bei manchen dauert das Wachstum der Zweige ungestört fort, so lange die Bedingungen für die Weiterentwicklung überhaupt günstig sind; dasselbe erleidet nur durch die Frostperiode einen Stillstand und fährt sogleich wieder fort an der Stelle, wo es im Herbst aufgehört hat, sobald die Temperatur es gestattet. Dies ist bei dem Efeu (*Hedera Helix*) und beim Sadebaum (*Juniperus Sabina*) der Fall. Bei vielen Bäumen schliefst die Entwicklungsperiode eines Zweiges gegen Ende des Sommers von selbst dadurch, dafs sich eine Endknospe bildet, welche im nächsten Frühjahr die unmittelbare Fortsetzung des Zweiges übernimmt, wie bei den Obstbäumen, bei Eichen, Eschen, Fichten und Tannen. Bei unseren Kulturen tritt sehr häufig der Fall ein, dafs ein zweiter Trieb im Jahre, der Johannistrieb, hervorgelockt wird; derselbe gibt nun nicht selten unreifes Holz, welches im Winter leicht erfriert, während das Holz des Frühjahrstriebes stets vollkommen ausreift. Eine dritte grofse Gruppe läfst im Laufe des Sommers bei einer ganz normalen Entwicklung die mitten in ihrer Entfaltung begriffene Spitze des Zweiges auf einmal abfallen. Die Fortsetzung des Zweiges übernimmt

---

[1]) Bot. Zeitung 1848, S. 6.

dann im nächsten Jahre die oberste Seitenknospe, wie dies *Gymnocladus canadensis* und *Ailanthus glandulosa* zeigen. Weitere Beispiele bieten die Linde, Ulme, Platane, Haselnufs. Nun wies v. Mohl nach, dafs die Bäume, deren Zweigspitzen fast regelmäfsig bei uns erfrieren, zu dieser letzten Gruppe gehören, deren Vertreter z. B. in Rom im Oktober bereits ebenfalls ihre Zweigspitzen so regelmäfsig abgeworfen und ihre Vegetationsperiode damit faktisch beendet haben, wie bei uns die Linde. Bei den Bäumen dieser Gruppe, die wir in den Anlagen kultivieren, erfolgt ein solcher normaler Vegetationsabschlufs in der Mehrzahl der Fälle nicht, und dies zeigt, dafs unsere Sommer für sie zu kurz und zu kalt sind, um sie ihre vollständige Entwicklung beenden zu lassen.

Der Frost trifft deshalb immer unreife Triebe. Hierher gehören *Robinia Pseudacacia*, *Gleditschia*, *Sophora japonica*, *Broussonetia papyrifera, Morus alba*, *Salix babylonica* und *Vitis vinifera*. Hier würde sich, wenn die Zweige erhalten werden sollen, das vorzeitige Entlauben derselben empfehlen. So sind beispielsweise nach den Beobachtungen von Lawrence[1]) im Winter 1708—9 unter allen Fruchtbäumen nur die Maulbeerbäume erhalten worden, weil man ihre Blätter schon längere Zeit vor Eintritt der Kälte zu Futter für die Seidenraupen abgepflückt hatte.

Bei unseren Obstbäumen pflegt man das Absterben der Zweigspitzen infolge der Winterkälte als „Spitzenbrand" zu bezeichnen. Damit in Verbindung steht aber nicht selten eine Folgeerscheinung, die erst im Sommer sich geltend macht. Wenn nämlich bei manchen Zweigen der Fall eintritt, dafs nur die besonders empfindlichen basalen Astringe beschädigt werden, treiben in der Regel diese Zweige noch aus und die angelegt gewesenen Blüten entwickeln sich. Aber ungefähr im Juni zeigt sich Vergilbung des Laubes, Abwerfen der etwa angelegt gewesenen Früchte und Vertrocknen der Zweige. Infolge der Beschädigung des Astringes ist die Leitung des Nährmaterials gestört. Die Zweige selbst leben noch, solange Reservestoffe vorhanden sind. Nach Verbrauch derselben stirbt die Achse.

Bei Weinstöcken verdient der Fall, dafs die Stöcke bis auf das alte Holz herabfrieren, besonderer Erwähnung. Es entwickeln sich dann aus der Stammbasis ungemein üppige Reben, von denen man früher meist annahm, dafs sie unfruchtbar im folgenden Jahre wären und erst im zweiten Jahre Fruchtholz trügen. Dieser Ansicht gegenüber haben die Untersuchungen von Müller-Thurgau[2]) ergeben, dafs solches Holz doch schon im Herbst (August) seines Entstehungsjahres Fruchtaugen anlegen kann, und dafs demgemäfs die Behandlung des Stockes einzurichten ist.

Das Kirschbaumsterben am Rhein.

Als einen speziellen Fall der vorhergehend geschilderten Erscheinungen betrachten wir die seit Ende des vorigen Jahrhunderts viel besprochene Erkrankung der Süfskirschen in den Kreisen St. Goar, St. Goarshausen und Unterlahn.

---

[1]) Göppert, Wärmeentwicklung, S. 5.

[2]) Müller-Thurgau, Über die Fruchtbarkeit der aus den älteren Teilen der Weinstöcke hervorgehenden Triebe, sowie der sog. Nebentriebe. Der Weinbau 1882. Nr. 28.

Nach dem mir aus dortiger Gegend zugegangenen Material[1]) und nach anderweitig von mir beobachteten Fällen äufsert sich die Erscheinung in der Weise, dafs ziemlich plötzlich ein Gelbwerden des Laubes einzelner Zweige oder der gesamten Krone sich einstellt und, meist unter Auftreten reichlichen Gummiflusses, die Zweige oder selbst der ganze Stamm absterben. Manchmal treiben auch die Zweige noch an der Spitze weiter, während sie am übrigen Teile kahl bleiben. Die mikroskopische Untersuchung stellte hochgradige Gummosis fest; selbst in den jüngsten Trieben waren bereits Gummilücken zu finden. Im Holz- und Rindenkörper fanden sich vielfach jene Bräunungserscheinungen, die wir später bei der Beschreibung der Wirkungen künstlicher Fröste noch schildern werden, und zwar waren dieselben selbst bei anscheinend noch gesunden Trieben, Blättern und Fruchtstielen nachweisbar. In älterem Holze sah man mehrfach bestimmte Formen von Gewebezerklüftungen, die mit den durch künstliche Fröste hervorgerufenen übereinstimmen. Auf Grund dieses Befundes bin ich der Ansicht, dafs nicht nur bei dem „Rheinischen Kirschbaumsterben", sondern auch bei den vielfach, aber meist in geringerer Ausdehnung sich zeigenden ähnlichen Fällen eine Frostwirkung zur Zeit des Frühlingstriebes als hauptsächlichste Ursache anzusehen ist.

Für die am Rhein belegenen Lokalitäten schildert GÖTHE[2]), der unserer Ansicht beitritt, die Witterungsverhältnisse im Jahre des Erscheinens der Krankheit folgendermafsen: Die Kirschen standen schon in Blüte, als sie am 22. März von einer Kälte von — 9,7 ° C überrascht wurden; es zeigten sich im Laufe des Frühjahrs abnorm starke Schwankungen zwischen strenger Kälte und hohen Wärmegraden. — Solche Witterungskontraste halte ich für die Ursache äufserst zahlreicher Fälle von Nachwirkungskrankheiten, die bei den Steinobstgehölzen fast stets mit starker Gummosis verbunden sind und von der Ansiedlung von Wund- oder Schwächeparasiten begleitet werden. Auch für den speziellen Fall am Rhein hat man anfangs einen derartigen Pilz, *Valsa leucostoma*, verantwortlich gemacht[3]). Bald darauf wies aber schon WEHMER[4]) darauf hin, dafs dieser Pilz, der von FRANK als *Cytospora rubescens* zunächst beschrieben worden war, nicht imstande sei, die Krankheit hervorzurufen, sondern nur ebenso, wie das gleichzeitige Auftreten von Bakterien, als sekundäre Erscheinung zu betrachten sei. Den experimentellen Beweis dafür, dafs die *Valsa* nicht imstande sei, in g e s u n d e s Gewebe sofort einzudringen, führte zunächst ADERHOLD[5]). Dieser Forscher fand bei seinen künstlichen Gefrierversuchen, dafs eine Mitwirkung von Spätfrösten für das Wuchern des Pilzes unverkennbar wäre.

Betreffs des genannten Pilzes ist ADERHOLD der Ansicht, dafs, wenn der Pilz auch zunächst die durch Frost oder andere Ursachen hervorgerufene Verwundung nötig habe, um sich anzusiedeln, er später aber

---

[1]) SORAUER, P., Das Kirschbaumsterben am Rhein. D. Landwirtsch. Presse 1900, S. 201.

[2]) GÖTHE, R., Das Absterben der Kirschenbäume in den Kreisen St. Goar, St. Goarshausen u. Unterlahn. D. Landwirtsch. Presse 1899, S. 1111.

[3]) FRANK, A. B. in D. Landwirtsch. Presse 1899, Nr. 83, S. 949.

[4]) WEHMER, Zum Kirschbaumsterben am Rhein. D. Landwirtsch. Presse 1899, Nr. 96.

[5]) ADERHOLD, R., Über das Kirschbaumsterben am Rhein, seine Ursachen und seine Bekämpfung. Arb. d. Biolog. Abt. f. Land- u. Forstw. am Kais. Gesundheitsamte. Berlin 1903, P. Parey u. J. Springer. Bd. III, Heft 4.

sich so kräftigen könne, dafs er parasitär sich weiter ausbreite. Diese Anschauung deckt sich mit der von VUILLEMIN [1]) betreffs der 1887 in Lothringen beobachteten Kirschenkrankheit, die grofse Ähnlichkeit mit der vorliegenden zeigt. Als Ursache wird *Coryneum Beijerinckii* bezeichnet, zu der der Verfasser *Ascospora Beijerinckii* als Schlauchform zieht. Als Ansicht der genannten Forscher würde sich also ergeben, dafs klimatische Ursachen den Krankheitsboden geschaffen haben, aber der Pilz immerhin die Krankheit erzeuge. Demgemäfs müsse bei der Bekämpfung alles mit *Valsa* oder deren Konidienform, der *Cyptospora*, besetzte Holz sorgfältig vernichtet werden.

Über das richtige Verhältnis dieses Pilzes zur Krankheit erlangen wir aber erst einen Einblick durch die neuesten Impfversuche, welche LÜSTNER [2]) ausgeführt hat. Er nahm unter anderem zwei Kirschbäumchen von verschiedenen Sorten und knickte ihnen die Kronen ab. Das abgeknickte Ende und das stehengebliebene Stammstück wurden mit den Konidien des Pilzes geimpft und aufserdem nachher noch mit konidienhaltigem Wasser bestrichen. Da die Krone infolge der Knickung nicht absterben wollte, wurde sie später abgeschnitten und an ihren Stamm angebunden. Bis Ende Oktober hatte sich der Pilz, wie Fig. 120 an den mit × bezeichneten Stellen zeigt, über das abgeknickte und abgestorbene Gipfelende ausgebreitet, während der übrige Teil des Stammes, obgleich in derselben Weise geimpft, vollständig gesund blieb und wieder austrieb. Die Impfwunde war dort normal ausgeheilt.

Ähnliche Ergebnisse citiert LÜSTNER von BEIJERINCK und RANT (Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, II. Abt. Bd. XV, S. 374), die mit einer *Cytospora* auf Pfirsichen und Kirschen Gummiflufs nicht hervorrufen konnten und nichts über ein Eingehen der geimpften Äste berichten.

Gestützt auf diese Versuche und meine eigenen Beobachtungen betrachte ich nicht nur die vorliegende Erkrankung, sondern auch die anderen durch *Valsa*-Arten bzw. deren Pyknidenformen hervorgerufenen Erkrankungen als Vorkommnisse unter Mitwirkung von Schwächeparasiten, bei denen nur das Krankheitsbild durch den Pilz bestimmt wird. Die Pilze kommen erst zur Ansiedlung, wenn der Ast infolge von Ernährungsstörungen durch Witterungs- oder Bodeneinflüsse u. dgl. erkrankt oder mindestens geschwächt ist. Auf solchem Mutterboden bedarf es nachher gar nicht mehr einer Wunde zur Einwanderung der Pilze; diese kann auch durch die Lenticellen erfolgen. Die zur Ansiedlung derartiger Schwächeparasiten notwendig vorher vorhandene Ernährungsstörung braucht durchaus nicht immer durch Frost verursacht zu werden; es können ebenso ungeeigneter Standort, Wasserüberschufs, Trockenheit u. dgl. den ersten Anstofs geben. Letztgenannten Faktor betrachtet nun LÜSTNER als Schwächungsursache für die Kirschbäume am Rhein, während ich an der Ansicht festhalten möchte, dafs in der Mehrzahl der Fälle Frostbeschädigungen, und zwar solche, die im Frühjahr zustande kommen, die erste Veranlassung darstellen.

Demnach sehe ich in einer ängstlichen Vernichtung der pilz-

---

[1]) VUILLEMIN, PAUL, Titres et travaux scientifiques. Paris, Typographie, A. Davy 1890, 4°.

[2]) LÜSTNER, G., Beobachtungen über das rheinische Kirschbaumsterben. Bericht d. Kgl. Lehranstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau zu Geisenheim a. Rh. f. d. Jahr 1905, von Prof. Wortmann. Berlin, Paul Parey 1906, S. 122.



Fig. 120. Mit den Konidien von *Valsa leucostoma* an zwei Stellen geimpftes Kirschenstämmchen, dessen Krone nach der Impfung unterhalb der oberen Impfwunde abgeschnitten wurde. Bei O die normal geheilte Wunde, bei X Pykniden der *Valsa leucostoma*. (Nach Lüstner.)

befallenen Teile nur einen sehr schwachen Trost. Man vergesse nämlich nicht die Ubiquität der Cytosporeen und ähnlicher Pilzgruppen. Die Hauptsache ist der Anbau von Sorten, die einer bestimmten Lokalität sich angepafst haben. Aufserdem aber ist zu versuchen, ob die Frostempfindlichkeit nicht durch Kalkzufuhr in humusreichen Böden vermindert werden könne.

Zweigbrand bei Waldbäumen.

In derselben Weise wie das Kirschensterben beurteile ich eine Krankheit, die Fuckel bei Aprikosen und Pfirsichen beobachtet hat. Das charakteristische Vergilben und Verwelken des Laubes mit nachfolgendem Absterben einzelner Äste begann im Juni. Als Ursache sieht Fuckel *Cytospora rubescens* an, zu der als reife Fruchtform von ihm *Valsa prunastri* Fr. angegeben wird.

Von den bekannteren Vorkommnissen desselben Krankheitscharakters reihe ich hier noch an den „Schwarzen Brand der Rotbuchentriebe“. Nach Willkomm[1]) soll die Ursache des Absterbens der an der Basis sich schwärzenden Triebe in einem Pilz zu suchen sein, der eine Konidienform wie *Fusisporium candidum* Lk. entwickelt und zu *Libertella faginea* Desm. zu ziehen sei. Die vollkommene Fruchtform wäre demnach *Quaternaria Persoonii* Tul.[2]).

Viel von sich reden machte zu Anfang der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts das Absterben der Pyramidenpappeln, das in verschiedener Intensität durch Nord- und Mitteldeutschland zu finden war. Ein ähnliches Vorkommnis wurde schon zwischen 1820 bis 1840 in England beobachtet[3]). Jüngere Zweige hatten gebräunte Rindenstellen, unter denen der Holzkörper meist auch angegriffen erschien. Die Blätter wurden gelblich und schlaff und der Zweig starb ab.

Unter den verschiedenen Theorien, die zur Erklärung der Erscheinung herangezogen wurden, spielt die Degeneration der Art durch fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung eine Hauptrolle. Obwohl von vielen Seiten von Anfang an darauf hingewiesen wurde, dafs ein Spätfrost als Ursache anzusehen sei, der die im Vorjahr wenig ausgereiften Zweige beschädigt habe[4]), siegte schliefslich die Anschauung,

---

[1]) Willkomm, Die mikroskopischen Feinde des Waldes. 1866, Heft I, S. 101.

[2]) Selecta fung. carp. II, S 105.

[3]) Biolog. Centralbl. XI, 1891, S. 129.

[4]) In neuerer Zeit hat die Erklärung dieser Krankheit als eine Folge von Frösten eine wesentliche Stütze durch die Beobachtungen des Grafen von Schwerin erhalten (Gartenflora 1905, Heft 15, S. 400). Bei einer Reise nach Italien liefs sich feststellen, dafs südlich der Alpen keine Erkrankung der Pyramidenpappeln vorhanden war, also in der jetzigen Heimat des Baumes von einer Degeneration nichts zu bemerken war. Das in Deutschland strichweise hervorgetretene Absterben erklärt sich einfach als Folgeerscheinung der Ende der 70er Jahre wiederholt nach langen, feuchten und milden Herbsten auftretenden Frühjahrsfröste. Von den früheren Beobachtern machte Haussknecht (Bot. Ver. f. Gesamtthüringen; cit. Bot. Centralbl. 1884, S. 275) bereits darauf aufmerksam, dafs das Absterben sich fast nur in Flufstälern und Niederungen zeigte, höhere Lagen aber verschont blieben. Eine andere beachtenswerte Notiz finden wir von Pertsch in Petersburg (Deutsche Gärtnerzeitung 1884, Nr. 10). Derselbe sah bei einer Reise durch Nord-, West- und Mitteldeutschland, dafs die Länge der abgestorbenen Zweigspitzen immer geringer wurde, je mehr er nach Süden kam. Dafs gerade *Populus pyramidalis* frostempfindlicher ist als die meisten anderen Pappeln, geht daraus hervor, dafs dieselbe in Petersburg nicht mehr fortkommt, während *P. alba*, *laurifolia*, *suaveolens*, *balsamea* u. a. sehr gut dort noch gedeihen.

dafs ein Scheibenpilz, *Dothiora sphaeroides* Fr. das Absterben hervorrufe [1]). Anderwärts machte man einen Kernpilz, *Didymosphaeria populina*, dafür verantwortlich [2]). Vuillemin [3]) führt bei einem Zweigabsterben der Hainbuchen *Maminia fimbriata* und als Zerstörer von Weidenanlagen *Didymosporium salicinum* an. Schliefslich erinnern wir noch einmal an das von Appel [4]) beschriebene Absterben der Roterlen durch *Valsa oxystoma*, welcher Pilz sein Zerstörungswerk nur bei den durch Ernährungsstörungen geschwächten Exemplaren vollziehen kann.

Abfrieren von Frühjahrstrieben.

Wenn die Spätfröste den Baum zu einer Zeit überraschen, in welcher die Laubknospen sich zu strecken begonnen oder auch zu kurzen Trieben sich schon entwickelt haben, dann treten mannigfache Beschädigungen und Regenerationserscheinungen ein. Ein bei Kirschen mir mehrfach vorgekommener Fall stellt das Absterben des jüngsten Vegetationskegels in der sich erschliefsenden Laubknospe dar. Anfangs ist der Schaden nicht bemerkbar, da die sämtlichen Knospenschuppen intakt geblieben sind; nach einiger Zeit aber gibt eine eigentümliche Spreizung, hervorgerufen durch Rückwärtsschlagen der sehr turgescenten Schuppen und das Ausbleiben des Triebes Veranlassung zur Untersuchung. Später kommen aus den unverletzt gebliebenen Seitenaugen schwächlichere Nebentriebe und bisweilen gerade nach solchen Frühjahrsverletzungen auch verbänderte Triebe.

Es ist mir unlängst gelungen, derartige Störungen durch künstliche Frostwirkungen hervorzurufen. Fig. 121 stellt einen Kirschenzweig dar, an welchem die drei Augen durch den Frost ihren Vegetationskegel verloren haben. Die im Frühling so äufserst energische vegetative Tätigkeit hat sich bei den beiden oberen Augen in der Weise geltend gemacht, dafs die schuppenartigen Erstlingsblätter gröfser, dunkelgrüner und fleischiger geworden sind und sich nahezu wagerecht auseinander gespreizt haben. Am untersten Auge beginnt sogar eine Bildung von zwei seitlichen Ersatztrieben.

In Fig. 121 *B* findet sich der Zustand einer Knospe mit erfrorenem Vegetationskegel genauer dargestellt. Der Vegetationskegel *a* ist geschwärzt und vertrocknet und wird durch eine Korkschicht innerhalb des angrenzenden, lebendig gebliebenen Gewebes abgestofsen. In dem lebendig gebliebenen Teile des Achsenzylinders aber zeigen sich auch noch Frostwirkungen in Gestalt horizontaler Markzerklüftungen (Fig. *B*, *l*) und -bräunungen, welche notwendigerweise die Funktion des Markes als Schwellkörper beeinträchtigen müssen und die Ursache sind, dafs die Achse sich nicht so bald wieder in die Länge streckt. Die Spiralgefäfse (*g*), welche in die Blätter (*bl*) abgehen, erscheinen ebenfalls stark gebräunt; dagegen ist das Parenchym (*p*) des Rindenkörpers wenig beschädigt und von ungemeiner Straffheit. Hier und da fanden sich zur Zeit der Untersuchung (21. Juni) bereits Spuren von Stärke. Es ist erklärlich, dafs der fast fleischige Rindenkörper einen Überschufs

---

[1]) Rostrup, Pyramidepoplens Undergang. Tillaeg til Nationaltidende 13. November 1883.

[2]) Vuillemin, P., Remarques étiologiques sur la maladie du Peuplier pyramidal. Revue mycol. 1892, S. 22.

[3]) Vuillemin, P., Titres et travaux scientifiques. Paris 1890.

[4]) Appel, O., Über bestandweises Absterben von Roterlen. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstw. 1904.

an Wasser und Nährmaterial erhält und demgemäfs eine erhöhte Arbeitsleistung übernehmen wird. Der hochgradig gesteigerte Wasserauftrieb ist auch als die Ursache des sparrigen Abstehens der durch den Chlorophyllgehalt ihrer inneren Gewebeschichten langlebiger gewordenen Knospenschuppen (*bs*) und schuppenartigen Blätter anzusehen.

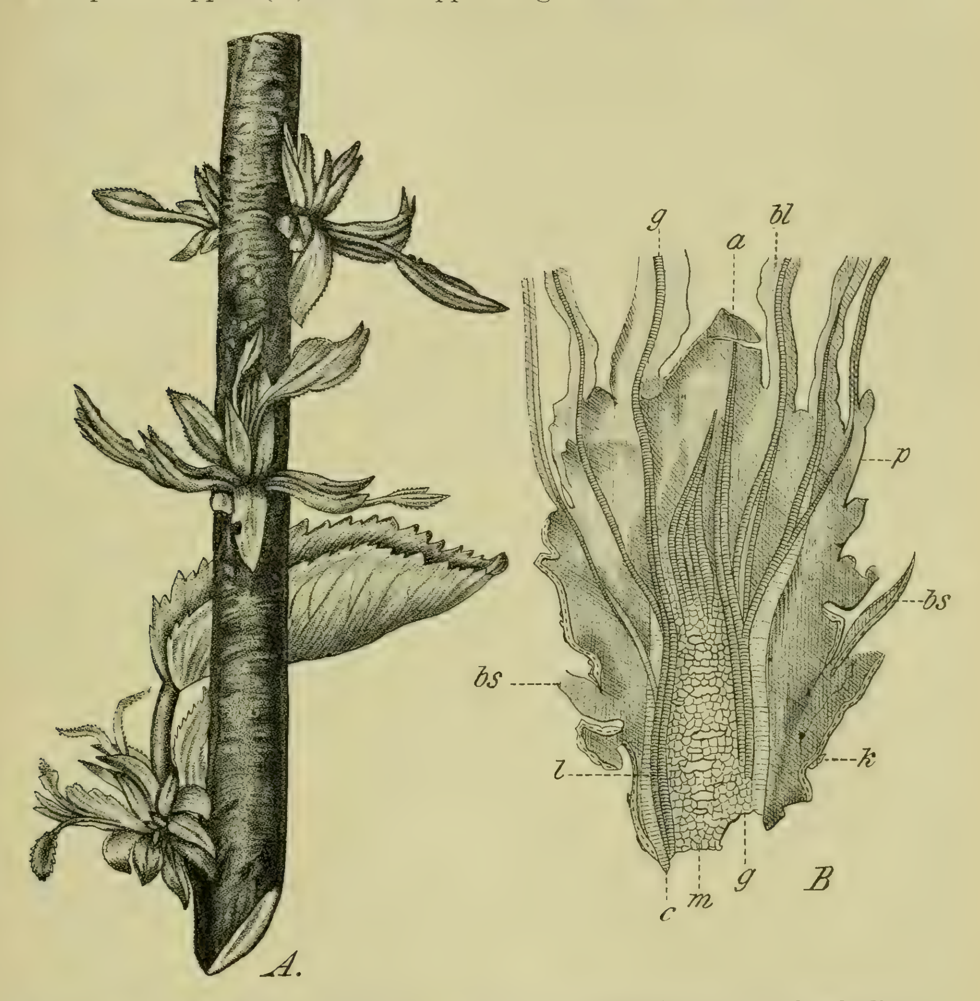


Fig. 121. *A*: Zweig einer Süfskirsche. Die durch künstlichen Frost beschädigten Augen zeigen ihre Schuppenblätter fleischig verdickt und vergröfsert und spreizend auseinander gebogen. *B*: Längsschnitt durch eine frostbeschädigte Knospe des nebenstehenden Zweiges. (Orig.)

Bei den in manchen Jahren innerhalb einzelner Lokalitäten häufigen Vorkommnissen dieser Art bemerkt man, dafs in der Regel die bereits am weitesten in der Entwicklung fortgeschrittene Gipfelknospe ungestört weiter wächst. Dann erhalten die Zweige ein peitschenartiges Ansehen, indem ihre Spitze reich belaubt ist, während die unteren Internodien kahl bleiben. Eine andere bei älteren Birnentrieben mir bekannt gewordene Erscheinung bestand in der Schwärzung und dem

Absterben der Basalpartie der jungen Triebe, die im übrigen noch grün erschienen und erst später vertrockneten.

Ein spezielles Studium hat Potonié den Erscheinungen des Wiederersatzes der durch Frost verlorenen Frühlingstriebe gewidmet[1]). Die einzelnen Baumarten verhalten sich verschieden. Bei manchen Arten scheinen aus den unverletzt gebliebenen Basalaugen der erfrorenen Zweige seitliche Triebe hervorzukommen, wie z. B. bei *Castanea sativa* Mill., sowie bei *Celtis-* und *Platanus*-Arten. Wenn der junge Trieb ganz zerstört ist, erfolgt bei vielen Pflanzen die Neubelaubung durch Austreiben „accessorischer Sprosse“. Manche Holzarten legen nämlich bei zunehmend kräftiger Zweigernährung in der Achsel eines Blattes nicht eine, sondern durch Sprossen des inneren Knospenstammes mehrere Knospen in einer Längsreihe an („Unterknospen“). Diese Unter- oder „Beiknospen“ kommen unter normalen Verhältnissen nur bei kräftigen Trieben einzelner Gehölze (*Cercis*) zur Entwicklung; bei Störungen aber, wie z. B. bei starkem Beschneiden, bei Verbeifsen und bei Frost, der den aus der Hauptknospe entstandenen Trieb vernichtet, bilden sie auch bei anderen Gehölzen das Ersatzmaterial, wie z. B. bei *Calycanthus floridus*, *Cercis Siliquastrum*, *Gymnocladus*, *Liriodendron tulipifera* und *Robinia Pseudacacia*, welche bis vier in der Blattstielbasis versteckte Unterknospen entwickelt. Andrerseits kann auch der Ersatz aus andern, ebenfalls schon vorjährig angelegten, den sogenannten „Säumaugen“ beschafft werden. Es sind dies in den Achseln basaler Knospenschuppen bisweilen regelmäfsig zur Ausbildung gelangende Augen, wie man bei manchen Weidenarten deutlich wahrnimmt. Wenn die aus zwei Schuppen verwachsene Knospendecke abfällt, sieht man jeder Schuppenhälfte entsprechend eine Achselknospe, die bei Verunglücken des Hauptzweiges zunächst Ersatz bilden kann.

In andern Fällen greift der Baum zum Ersatz auf seine schlafenden Augen vorjähriger Triebe zurück, wie sich bei *Rhus*, *Carya glabra* Mill. und *Juglans rupestris* Engelm. vorzugsweise beobachten liefs, während *Carya amara* Mich. und *Pterocarya fraxinifolia* Lam. vorwiegend Unterknospen zur Entfaltung brachten. Die Koniferen pflegen die erfrorenen Sprossen sowohl durch ein Erwecken bisher schlafender Augen als auch selbst durch Neubildung von Knospenanlagen in bisher knospenlosen Blattachseln, namentlich aus den Achseln der Schuppen an der Basis des Jahrestriebes zu ersetzen.

Eine besondere Begrenzung in der Art des Ersatzes erfrorener Triebe bei den einzelnen Baumarten läfst sich aber nicht ziehen, da die Stärke der Frostbeschädigung einerseits und der bisherige Ernährungszustand des Baumes andrerseits im Verein mit der jeder Art charakteristischen, gröfseren oder geringeren Leichtigkeit der Adventivknospenbildung in verschiedenen Fällen auch verschiedene Ersatztriebe hervorrufen. Je üppiger eine Baumart wächst, desto mehr neigt sie zur Bildung von Unterknospen, wie man bei Stockausschlägen häufig beobachten kann.

Bei Weinstöcken erfolgt die Regeneration, wenn der Frost das Hauptauge getötet hat, aus den Nebenaugen. Hier kommt es nun sehr auf die Zeit der Frostwirkung an. Ist der Tod des Hauptauges schon so früh im Jahre erfolgt, dafs es zu seiner Streckung noch sehr wenig Reservestoffe verbraucht hat, dann reicht häufig das in der Rebe vor-

---

[1]) Potonié, Über den Ersatz erfrorener Frühlingstriebe durch accessorische und andere Sprosse. Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenb. XXII, 1880, S. 81.

handene Reservematerial noch aus, die Nebenaugen derartig zu kräftigen, dafs noch Blütenknospen angelegt werden können. Stirbt das Hauptauge jedoch erst durch Maifröste, dann entwickeln sich die Triebe aus den Nebenaugen zwar kräftig, aber ohne Blütenansatz und können erst im nächsten Jahre allenfalls zur Fruchtbarkeit gelangen.

Das Erfrieren der Wurzeln.

Nach schneelosen Wintern finden sich, namentlich in nassen Lagen, nicht selten bei den verschiedenartigsten Gehölzen die Wurzeln erfroren, während die oberirdischen Achsenteile am Leben geblieben sind. Die Erscheinung erklärt sich dadurch, dafs das Wurzelholz weicher und lockerer als das Stammholz gebaut ist. Die Weichheit liegt einerseits darin, dafs zur Zeit, in welcher die Kälte am tiefsten in den Boden dringt, das Wachstum der Wurzel noch nicht abgeschlossen ist, also der Frost noch junge, unverdickte Elemente trifft; andrerseits aber sind auch die fertig ausgebildeten Elemente des Holzkörpers nicht so dickwandig wie die entsprechenden Lagen des oberirdischen Achsenkörpers. Dies gilt ohne Rücksicht auf den Nährstoff- und Wassergehalt des Bodens für alle Lagen. Dafs der Grad der üppigen Entwicklung auch einen Einflufs auf die Frostempfindlichkeit ausüben wird, ist nicht in Abrede zu stellen; allein dieser Einflufs äufsert sich nach den v. Mohl'schen Untersuchungen [1]) in anderer Weise.

Betreffs des ersten Punktes, des Eintreffens der Frostwelle auf noch nicht in Ruhe befindliche Wurzeln, wird eine Betrachtung des Ganges der Jahrestemperatur den nötigen Aufschlufs geben. Vorausgeschickt sei dabei, dafs die Messungen der Baumtemperatur die Abhängigkeit derselben innerhalb der Krone von den Wärmeschwankungen des Luftmeeres nachweisen, dafs aber die Stammtemperatur, namentlich an der Basis und bei dickborkigen Baumarten, sehr wesentlich von der Bodenwärme beeinflufst wird [2]), indem das durch die Verdunstung des Laubes notwendig nachsteigende Wasser die Temperatur der Bodenschichten mitbringt [3]). Einen sehr in die Augen springenden Beweis liefert R. Hartig [4]). Es wurde von zwei gleichen, von der Sonne beschienenen Bäumen der eine entästet, so dafs der Verdunstungsstrom

---

[1]) v. Mohl, Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. Bot. Zeit. 1862, Nr. 29, 33, 34 ff.

[2]) Breitenlohner und Boehm (Sitz. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien, 17. Mai 1877) fanden, dafs die Temperatur der unteren Stammpartie ganz unter dem Einflufs der Bodenwärme steht; wenn aber die Transpiration aufgehoben ist, hängt die Baumtemperatur lediglich von der Lufttemperatur ab.

[3]) Ebermayer, Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. I, Aschaffenburg 1873, S. 119—139. — Die Messungen zeigten, dafs zwischen der Temperatur der Bäume (in Brusthöhe) und des Waldbodens kein wesentlicher Unterschied besteht. Mit zunehmender Bodentiefe und Baumhöhe aber werden die Unterschiede grofs. Im allgemeinen ergibt sich, dafs vom Oktober bis März die Waldbäume kälter sind als der Waldboden. „Die Wurzeln sind in dieser Periode die wärmsten Teile des Baumes; mit steigender Höhe nimmt die mittlere Baumtemperatur successive ab und ist am tiefsten an den Ästen und Zweigen.“ „Im Sommerhalbjahr (vom April bis inkl. September) sind umgekehrt die Waldbäume wärmer als der Boden, d. h. die Temperatur der Bäume nimmt von oben nach unten ab und ist während des Tages am höchsten in den Zweigen und Ästen, am tiefsten in den Wurzeln.“ Die mittlere Jahrestemperatur der Bäume schwankt zwischen 3,9 und 6,7° je nach der Höhe des Standortes über dem Meeresspiegel; sie ist geringer als die mittlere Luft- und höher als die mittlere Bodentemperatur des Waldes.

[4]) Lehrbuch der Baumkrankheiten 1882, S. 177.

fast ganz zum Stillstand kam. Das Thermometer wies nun in dem belaubt gelassenen Exemplare eine um 10° niedrigere Temperatur auf als in dem entästeten. Nach Entfernung der Äste bei diesem zweiten Exemplar stieg dessen Temperatur alsbald um 10°.

Da sich nun im Frühjahr das Luftmeer schnell erwärmt, unterstützt es sehr bald die direkte Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die Zweige [1]) und erhält dieselben auf der Temperatur, bei der sie wachsen können. Je intensiver und länger anhaltend die Luftwärme, um so mehr geht das Erwachen des Cambiumringes und seine Produktion neuer Holz- und Rindenelemente von der Krone aus stammabwärts, bis es im April und Mai die Wurzeläste erreicht und dort nun endlich auch die Produktion eines neuen Holzringes einleitet. Die Zeit des Erwachens, die Dicke des neuen Holzringes und seine Ausbildung sind bei den einzelnen Baumarten und Varietäten verschieden. Ja, es zeigt sich auch oft eine individuelle Verschiedenheit insofern, als nicht alle Exemplare alljährlich imstande sind, soviel plastisches Material in der Baumkrone zu produzieren, daſs dasselbe noch zur Ernährung des Cambiummantels der Wurzel ausreicht. Es tritt dann der Fall ein, daſs sich der Verdickungsring in einem solchen Mangeljahre von der Krone nur bis zur Stammbasis erstreckt und sich dann auskeilt, so daſs die Wurzeln in diesem Jahre gar nicht dicker werden.

In derselben Weise, wie die Wärmewelle und damit die Tätigkeit des Cambiumringes von oben nach unten fortschreitet, erlischt sie auch im Herbst. Da der Boden länger warm bleibt, hat auch die Wurzel noch Gelegenheit, ihr wenn auch nicht mehr sehr intensives Wachstum fortzusetzen, und somit wird die v. Mohl'sche Beobachtung erklärlich, daſs die Wurzeln im Dezember, Januar und Februar noch an der Verdickung der Zellwände ihres letztangelegten Jahresringes arbeiten.

Positive Zahlen werden hierbei das anschaulichste Bild geben. v. Mohl fand im Winter 1861/62 an einem Süſskirschbaume die Bildung des Wurzelholzes am 4. April noch nicht beendigt. Dabei hatten sich die Zweigknospen bereits bis über 2 cm Länge entwickelt, und der neue Holzring an dem Mutterzweige hatte schon neue Gefäſse soweit ausgebildet, daſs ihre Tüpfelung erkennbar war. Die zwischen den Gefäſsen liegenden Holzzellen waren noch dünnwandig und besaſsen erst die Hälfte ihrer typischen Gröſse. An der Wurzel waren aber die äuſsersten Holzzellen des vorjährigen Jahresringes noch nicht einmal verdickt. Nachdem der Baum am 11. April bereits geblüht hatte, zeigte die Untersuchung zu dieser Zeit noch immer keinen vollständigen Abschluſs des vorjährigen Jahresringes in der Wurzel, und erst am 26. April war für die Wurzeln die Ruhe eingetreten.

An den vorjährigen Zweigen war zu dieser Zeit der neue Jahresring bereits vollkommen verholzt und schon so dick, daſs man in radialer Richtung sechs Gefäſse hintereinander zählen konnte. Im untersten Teil des Stammes war dagegen erst eine einzige Reihe von Gefäſsen ausgebildet, und es zeigten sich nur die innersten Holzzellen verdickt. In der Hauptwurzel war der vorjährige Jahresring fertig und das Cambium auch gleich zu neuer Tätigkeit vorbereitet, da die Rinde sich leicht vom Holzkörper trennen lieſs; jedoch von einem neuen Holzringe war

---

[1]) Vergl. Krutsch, Untersuchung über die Temperatur der Bäume etc. Jahrb. d. Kgl. Sächsischen Akad. zu Tharand, Bd. X, 1854.

noch keine Spur zu sehen. In den Nebenwurzeln von der Dicke eines kleinen Fingers löste sich die Rinde noch nicht; hier war also vollkommene Winterruhe. Sie verharrten auch am 30. April noch in diesem Zustande, als die Blätter zum Teil bereits ausgewachsen waren und an der Hauptwurzel der neue Holzring durch junge, noch unverdickte Gefäfse seine Ausbildung begann.

Betreffs des zweiten der oben erwähnten Punkte, nämlich der eine geringere Widerstandsfähigkeit bedingenden, anatomisch abweichenden Bauart der Wurzeln, werden wir einen Einblick gewinnen, wenn wir uns erinnern, zu welcher Zeit die Jahresringe im Stamm gegenüber denen der Wurzel ausgebildet werden.

Bei der Stammproduktion wird der fertige Abschlufs des Jahresringes um so früher in das Jahr fallen, je höher er in der Krone liegt, mithin wird dort seine Ausbildung überwiegend aus Frühjahrsholz bestehen. Ehe die Herstellung des Jahresringes bis zur Stammbasis fortschreitet, ist es schon Sommer geworden und daher nicht mehr viel Zeit zur Ausbildung von Frühjahrsholz. Somit mufs die Differenzierung des Jahresringes in der Weise vor sich gehen, dafs (gleichviel ob ein Jahresring dick oder dünn ist) die relative Menge vom Frühjahrsholz zum Herbstholz von oben nach unten abnimmt, also relativ das Herbstholz immer nach der Stammbasis hin zunimmt. Diese Voraussetzung ist durch direkte Messung von v. Mohl[1]) sowohl als von Hartig[2]) und Sanio[3]) tatsächlich bestätigt worden. Es kommt hinzu, dafs der Baumteil, je dicker er ist, ein desto höheres Wärmemaximum erreicht[4]).

Auf der überwiegenden Herbstholzbildung beruht die Festigkeit der Stammbasis.

Für die Ausbildung des Wurzelholzes kommt der Charakter der Holzart in Betracht. Bei den Koniferen mit ihrem frühen Abschlufs des Wurzelwachstums fällt die Ausbildung noch in die Zeit gröfserer Bodenwärme und Trockenheit, und demgemäfs wird sich meistens Herbstholz bilden. Ist viel Material da, also der Jahresring breit, dann ist ein starker Herbstholzring vorhanden (v. Mohl). Bei den Laubbäumen, bei denen sich die Ausbildung des Wurzelholzes bis zum nächsten Jahre hinzieht, ja, wie oben gezeigt worden, manchmal erst zur Blütezeit des neuen Triebes abschliefst, sind alle Differenzierungen schwächer und die Grenzen der Jahresringe verwaschener. Da es in den Bodenschichten erst Frühling wird, wenn es oben schon Sommer, ist die Bildung von Frühlingsholz immer vorhanden. Bei weiterem Fortschreiten des Jahresringes hängt dessen Ausbildung von dem Grade und der Dauer der Bodenwärme und Trockenheit ab. Bringt ein Jahrgang eine lange trockene Periode, wird sich Herbstholz vorfinden; ist dies nicht der Fall, beschränkt sich die Ausbildung auf das Frühlingsholz und zeigt nur einen schwachen Ansatz von Herbstholz. Daher der lockere Bau bei schmalringigen Wurzeln.

In kurzer Wiederholung des Dargestellten können wir den Unterschied zwischen Wurzel und Stamm bei den Laubbäumen dahin

---

[1]) a. a. O.
[2]) a. a. O.
[3]) Jahrbücher f. wissensch. Bot. IX, S. 115 ff.
[4]) Ihne, Über Baumtemperatur unter dem Einflufs der Insolation. Bot. Centralblatt 1883, Nr. 34, S. 234. Vonhausen, Untersuchungen über den Rindenbrand. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1873.

zusammenfassen, dafs erstens alle Jahresringe in der Wurzel weit schmäler als die entsprechenden des Stammes sind, und dafs bei der steten Ausbildung des porösen Frühjahrsholzes diese schmalen Schichten überwiegend porös sind. Bei den Koniferen findet sich betreffs der geringen Breite der Jahresringe derselbe Unterschied zwischen Stamm und Wurzel, und ebenso nimmt, je dünner der Jahresring ist, desto mehr das Herbstholz im Verhältnis zum Frühlingsholz ab. Überall sind die Holzzellen länger und weiter und deren Wandungen dünner in der Wurzel als in den entsprechenden Stammteilen.

Dem Erfrieren der Wurzeln ist darum eine gröfsere Aufmerksamkeit zu widmen, weil dadurch zahlreiche Fälle sommerlichen Absterbens einzelner Baumindividuen oder -gruppen mitten unter Altersgenossen derselben Art ihre Erklärung finden. Die Bäume mit erfrorenen Wurzeln pflegen nämlich, wie die gesunden, im Frühjahr auszutreiben und entwickeln auch noch normale, wenn auch in der Regel mit kleineren Blättern versehene Triebe. Erst im Sommer, und dann allerdings schnell fortschreitend, tritt Vergilbung des Laubes und Vertrocknen der Zweige ein. Der Wasservorrat der Achse ist dann durch die Transpiration der Blätter aufgebraucht.

Selbst in Gegenden und bei Varietäten, wo eine Beschädigung der oberirdischen Achse durch Winterfröste nicht zu befürchten, wird man, in Rücksicht auf die Empfindlichkeit der Wurzeln, Topfobstbäume in geschützte Räume zu bringen haben und bei Freilandkulturen den natürlichen Schutz durch Laub und Schnee nicht nur belassen, sondern womöglich erhöhen. Bei Anlage von Gehölzkomplexen wird man nur dann die sonst vorteilhafte Herbstpflanzung unbedenklich ausführen können, wenn es sich um absolut frostharte Gehölze handelt, oder wenn man so früh im Herbste mit der Pflanzung vorgeht, dafs, tüchtiges Einschlämmen der Wurzeln vorausgesetzt, man noch ein Anwurzeln und dichtes Anlegen der Erde annehmen darf. Dafs eine Bildung feiner Haarwurzeln noch im Winter stattfinden kann, beobachtete schon Duhamel[1]) und wurde später von Lindley bestätigt. Bei Baumanlagen von geringerer Ausdehnung wird sich durch Bedeckung des gelockerten Bodens das tiefere Eindringen der Kälte in denselben abschwächen lassen. Dafs frisch verpflanzte Bäume durch Winterfrost an ihren Wurzeln leichter leiden als auf ihrem Standort belassene Exemplare, ist eine vielfach gemachte aber nicht ausnahmslose Erfahrung.

Frostspalten.

Die Temperatur im Innern starker Baumstämme kann nur langsam der Aufsentemperatur folgen, und darum ist das Stamminnere vom Morgen bis Mittag kälter, am Abend aber wärmer als die umgebende Luft[2]). Die Zusammenziehung der Gewebe bei Eintritt von Kälte wird somit in den äufseren Stammschichten sich schon geltend machen, während der Kern noch seine frühere Ausdehnung beibehält. Auf diese Weise kommen Spannungsdifferenzen zustande, die um so gröfser sein werden, je schroffer der Temperaturwechsel eintritt. Nun zieht sich bei Temperaturerniedrigung der Holzkörper in der Richtung des Umfanges, also tangential stärker zusammen als in radialer Richtung, so dafs der peripherische Mantel für den noch wärmeren Stammkern eigentlich zu

[1]) Des semis et plantations des arbres. S. 155.
[2]) Roy W. Squires, Minnesota Bot. Studies. Bull. 9, 1895.

eng wird. Er mufs demgemäfs tangential gespannt werden, wenn er den Kern noch vollkommen umschlossen halten soll. Kann er sich bei zunehmender Kälte nicht mehr genügend dehnen, so mufs er reifsen. Auf diese Weise müssen Risse in der Baumrinde zustande kommen, die um so tiefer in das Holz sich fortsetzen werden, je strenger die Kälte und je gröfser die Differenz zwischen den abgekühlten peripherischen und den wärmeren zentralen Geweben des Stammes ist. Bei plötzlich sich einstellender starker Kälte hat man nun wahrgenommen, dafs unter beträchtlichem Knall einzelne Baumstämme der Länge nach einen tief

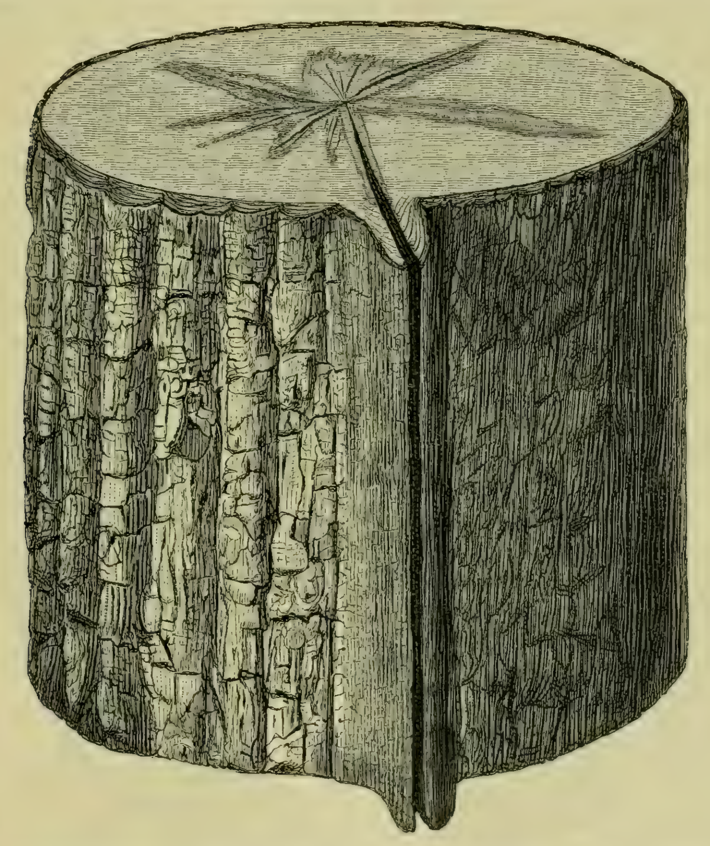


Fig. 122. Frostleiste an einem Stamm von *Acer campestre*. (Nach Frank-Schwarz.)

klaffenden, der Drehung der Holzfaser folgenden Spalt bekommen. Einzelne Baumarten zeigen diese Erscheinung besonders häufig. In erster Linie leidet die Rofskastanie; aufserdem sind Eiche, Pappel und Kirsche hervorzuheben. Der Spalt bleibt nur klaffend offen, solange die strenge Kälte anhält. Bei Eintritt wärmeren Wetters werden die Spaltränder einander genähert, und zwar bis zum gänzlichen Schlufs der Wunde, welche aber kaum jemals gut verheilt und meist in den folgenden Wintern wieder aufbricht. Der Heilungsvorgang ist der normale, indem aus dem Cambium, dem Jungholz und der Jungrinde Überwallungswülste gebildet werden, die miteinander zu verkleben bestrebt sind. Diese hervorquellenden Überwallungsränder finden aber

nicht, wie bei jeder anderen Verletzung mit freiliegender Wundfläche, den notwendigen Raum zu ihrer Ausbreitung, sondern sind gezwungen, steil gegeneinander zu wachsen und sich über die Spaltwunde emporzuheben. Sie bilden daher durch den gegenseitigen Druck nach aufsen vorspringende, in der Mitte lippenartig vertiefte Wülste, die als „Frostleisten“ bezeichnet werden.

In Fig. 122 sehen wir eine derartige Frostleiste an einem starken Stamme von *Acer campestre*, der eine Anzahl radialer Zerklüftungen zeigt. Einer dieser radialen Risse hat den Stamm in seiner ganzen Dicke zersprengt, so dafs ein äufserlich sichtbarer, anfangs weit klaffender, bei Eintritt wärmerer Witterung sehr eng gewordener Spalt entstanden ist. Als der Baum im Frühjahr von seiner Cambiumschicht aus den Spalt schliefsen wollte, fanden die Überwallungsränder keinen Platz, sich in den Spalt hineinzulegen und mufsten daher nach aufsen sich biegen. Daher die lippenartigen Vorsprünge, die der Querschnitt erkennen läfst. Ein derartiger Wundheilungsvorgang ist bisher bei keiner anderen Stammverletzung beobachtet worden, so dafs sein Auftreten als unbedingt sicheres Merkmal für Frostwirkung bezeichnet werden darf.

Caspary[1]) ist dieser Erscheinung experimentell näher getreten. Er wies durch direkte Messung nach, dafs der Ausdehnungskoeffizient des frischen Holzes sowohl in der Richtung des Umfanges als auch des Radius den aller festen Körper, auch denjenigen des Eises, beträchtlich übersteigt und nur von der Luft übertroffen wird. Dies erklärt die plötzliche Entstehung tiefer Spalten.

Wie weit der Spalt sich öffnet, ist bei derselben Baumspezies und Stammstärke individuell verschieden; aber darin stimmen alle Fälle überein, dafs, wenn die Frostspalten einmal entstanden sind, nach ihrem Zusammengehen bei Tauwetter ein sehr geringer Kältegrad hinreicht, um sie wieder zu öffnen. Dies erklärt sich daraus, dafs zur Entstehung der Spalten eine Kraftmenge nötig ist, welche die Kohäsion der Zellelemente in der ganzen Länge des Stammradius zu überwinden hat, während bei dem Eintritt erneuter Kälte zum Wiederöffnen des Spaltes in demselben Jahre nunmehr gar kein Widerstand und im nächsten Winter nur der des letztjährigen, neugebildeten Wundschlusses zu überwinden ist.

Alle im Winter entstehenden Frostspalten gehen meist tief in das Stamminnere hinein. Im alten Holzkörper aber ist der Baum unfähig, neues Vernarbungsgewebe zu bilden; infolgedessen stellt jede Frostspalte eine dauernde, wohl äufserlich zu überdeckende, aber im Innern stets unverheilte Wunde dar. Dieselbe wird um so bedeutungsvoller, je mehr zu dem radialen, grofsen Froststpalt sich noch seitliche tangentiale Sprünge gesellen. Diese laufen meist in den Lagen des Frühlingsholzes und können durch radiale Querrisse untereinander verbunden werden. Es tritt dann eine gefelderte Zerklüftung ein, welche den Holzkörper technisch vollkommen unbrauchbar macht und durch Erleichterung der Ausbreitung holzzerstörender Pilze den Tod des Baumes beschleunigt.

Wir erhalten dann Bilder wie in Fig. 123, welche den Querschnitt eines Eichenstammes darstellt, der durch *Polyporus sulfureus* von einer Astwunde aus besiedelt und zerklüftet worden ist.

---

[1]) Caspary, Neue Untersuchungen über Frostspalten, Bot. Zeit. 1857, No. 20—22. In einer früheren Abhandlung, Bot. Zeit. 1855, S. 449, hat Verf. auch die ältere Literatur angegeben.

Während die Zerklüftungen der Stämme durch lange, den gröfsten Teil des Baumschaftes durchziehende Spalten vielfach beschrieben worden sind[1]), ist der Entstehung kurzer, weniger tief gehender und leichter sich schliefsender Spalten nicht genügend Beachtung geschenkt worden. R. Hartig[2]) gedenkt derselben bei der Weifstanne, wo sie oft nur ganz kurz sind, in den höheren Schaftteilen auftreten und meist sehr bald verwachsen, ohne Frostleisten zu bilden. Auch sie verlaufen in der Richtung der Holzfaser, also meist etwas schräg. Aufser bei der Tanne sah ich derartig kurze Frostspalten, und zwar oft mit

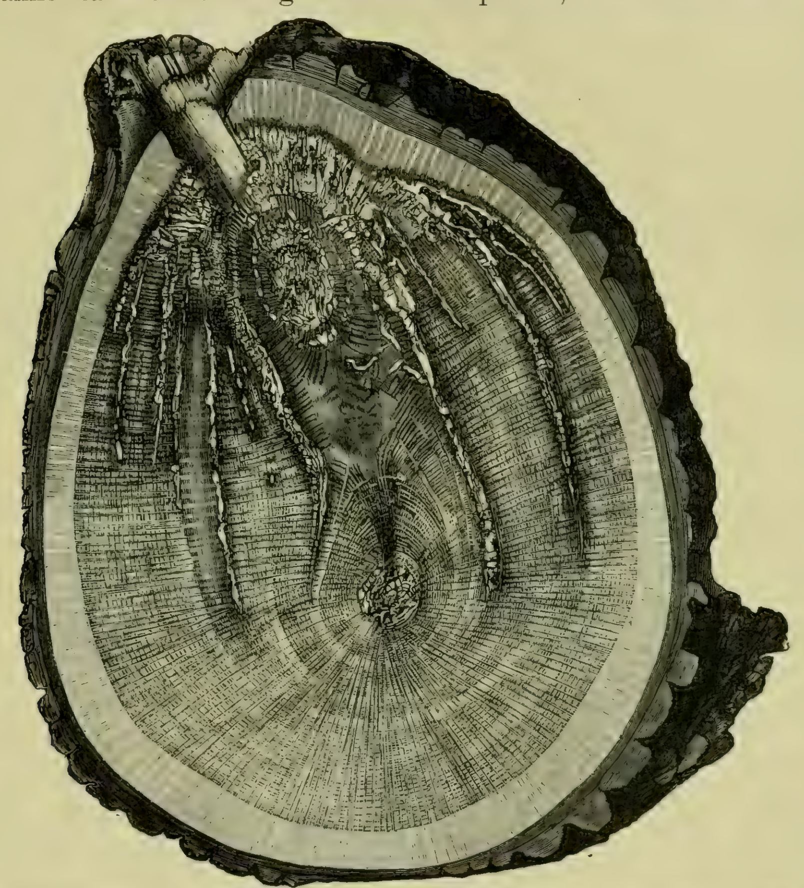


Fig. 123. Eichenstamm durch *Polyporus sulfureus* zerklüftet. (Nach Frank Schwarz)

lippenartiger Verwallung, namentlich bei der Rotbuche, der Kirsche und Platane. Bemerkenswerterweise sind diese Baumarten durch eine lange Zeit glatt bleibende Rinde ausgezeichnet. Hier bemerkt man auch am leichtesten die Bevorzugung gewisser Baumseiten bei der Entstehung der Frostrisse. Wenn die Bäume nicht zufällig durch ihre Nachbarschaft geschützt sind, sondern frei stehen, wird man bei der

---

[1]) Göppert, Über die Folgen äufserer Verletzungen der Bäume, S. 30. Breslau 1873. Verf. hat an 76 verschiedenen Gehölzarten Frostrisse kennen gelernt.

[2]) R. Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl., S. 214. Berlin 1900, Julius Springer.

Mehrzahl derselben feststellen können, daſs die West- und Südwestseiten die reichlichsten Frostverletzungen zeigen. Wie verschieden sich die einzelnen Baumseiten verhalten, lehren z. B. die Straſsenpflanzungen von Platanen. Zur Zeit, wenn das bekannte normale Abschuppen der Stämme beginnt, wird man sehen, daſs die meisten Borkenschuppen zunächst auf den zwischen West und Süd gelegenen Stammseiten abgestoſsen werden.

Bisweilen werden „Trockenrisse“ als Frostrisse angesprochen, worauf NÖRDLINGER[1]) besonders aufmerksam gemacht hat. Die Trockenrisse, welche namentlich bei kräftigen Bäumen sich einstellen, die auf eine undurchlassende Bodenschicht gelangen oder sonst plötzlich starken Wassermangel zu erleiden haben, charakterisieren sich dadurch, daſs sie entweder in ihrem radialen Verlauf wiederholt absetzen, also in den älteren Jahresringen in einem anderen Radius verlaufen als in den jüngeren, oder überhaupt nur kurz mitten in der Holzscheibe einen oder zwei Jahresringe radial spalten. Derartige innere Spalten erscheinen dann in Form einer Lanzenspitze, d. h. in der Mitte am meisten verbreitert. Da bei den bis zur Rinde gehenden Spalten die Wunde offen bleibt, neigen sich auch die Überwallungsränder in den Spalt hinein, bilden also keine vorspringenden Leisten wie die Frostspalten.

Frostbeulen.

Im Anschluſs an die Frostspalten wäre der sogenannten „inneren Frostrisse“ zu gedenken, welche R. HARTIG[2]) an Eichen und Tannen beobachtet hat.

„Wenn bei starker Kälte der Baum schwindet[3]), sagt er, so können zwar im Holzkörper in der Spaltungsfläche Risse entstehen, die aber nur bis zum Rindenmantel verlaufen, ohne letzteren zu zersprengen. Die Rinde, welche ja keine radialen Spaltflächen besitzt, hält den Holzkörper zusammen. Allerdings wird die elastisch dehnsame Tannenrinde da, wo innerlich ein Frostriſs mündet, auseinandergezogen und verliert dadurch einen Teil ihrer Elastizität. Wenn dann in der Folge der Baum dicker wird, so übt die Rinde hier einen geringeren Druck auf das Cambium aus, und der Zuwachs wird dadurch lokal gesteigert. Der Stamm erscheint äuſserlich nicht rund, sondern mit leistenförmigen Vorsprüngen versehen.“

Einen ganz ähnlichen Vorgang nahm ich bei der Entstehung der Gebilde an, welche ich als Frostbeulen bezeichne. Es sind dies breitkegelförmige, aber meist abgeflachte, bisweilen 1 cm hohe Auftreibungen an glattrindigen zwei- bis mehrjährigen Stämmen oder Zweigen.

Nicht zu verwechseln sind diese Beulen mit den bei üppigen Kulturvarietäten gar nicht selten vorkommenden, kegelförmigen Buckeln, die unter der Rinde sofort einen harten, holzigen Kern erkennen lassen, während die Frostbeulen zum Teil stets, zum Teil wenigstens im Jahre ihrer Entstehung aus einer weichen, mit dem Nagel leicht zerdrückbaren Gewebemasse bestehen.

---

[1]) NÖRDLINGER, Trockenrisse (falsche Frostrisse) an der Fichte. Auch ein Grund der Rotfäule. Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen. Wien 1878, Heft 6.
[2]) R. HARTIG, Innere Frostspalten. Forstl.-naturwiss. Zeitschr. 1896, S. 483.
[3]) Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten 1900, S. 214.

Die von Anfang an hart verholzten Erhebungen, für welche ich den Namen „Gefäfsbuckel“ in Vorschlag bringen möchte, haben fast immer eine bestimmte Stellung zum Auge, während die Frostbeulen an beliebigen Stellen des jungen Stammes oder des Zweiginternodiums sich zeigen. Die „Gefäfsbuckel“ sind einspitzige oder zweispitzige, berindete Holzanschwellungen, welche wie Maseranfänge über die Peripherie des übrigen Holzkörpers hervortreten; sie verdanken ihre Entstehung der übermäfsigen Entwicklung der beiden Gefäfsbündel, welche normalerweise in jedes Augenkissen gehen und sich mit dem zentralen, stärksten Bündel zur Bildung des Gefäfsbündelkörpers im Blattstiel vereinigen.

Bei den (weichen) Frostbeulen finden wir keine Beziehungen zu den Blattspursträngen. Sie zeigen sich an beliebigen Stellen und entstehen durch blasenartiges Abheben des Rindenkörpers vom Holzzylinder. Das auf letzterem stehen gebliebene Jungholz tritt, da die Abhebungen nur bei Spätfrösten, also zur Zeit reicher vegetativer Tätigkeit sich einfinden, sofort in Zellvermehrung und füllt den Hohlraum mit zartwandigem Parenchymholz, das an der Peripherie allmählich in normales Holz übergeht.

Der ganze hier stattfindende Prozefs ist derselbe, welcher bei der Neuberindung einer künstlich hervorgerufenen Schälwunde eintritt. Der Unterschied liegt bei der Beulenbildung nur darin, dafs die Rinde nicht abgeschält, sondern nur stellenweise durch Frost abgehoben und dafs somit die vom Holzkörper ausgehende Neuproduktion dem Auge zunächst nicht sichtbar wird. Man kann sie bisweilen in ihrer ungemeinen Üppigkeit sehr klar erkennen, wenn man bei grofsen Frostbeulen die Rinde aufschneidet. Es gelingt dann, hier und da eine mehrere Zentimeter lange und 0,5—1,0 cm hohe gekrösartige Wucherung, die gar nicht mit der alten Rinde zusammenhängt und nur auf dem Holzkörper ruht, blofszulegen. In einem Falle (bei der Birne *Bonne Louise d'Avranche*) hatte die Wucherung den Rindenmantel gesprengt und war als unregelmäfsig konturierte, etwa kegelförmige Masse mit warzig-krümeliger Oberfläche weit über den Stammumfang hervorgetreten.

Ältere Zustände verheilter Frostbeulen konnte ich bei Ahorn, Kirsche und Apfel beobachten. Bei Ahorn sind sie bisher am schönsten anzutreffen gewesen, und zwar an zweijährigen, über 1½ m Länge besitzenden Trieben. Manche derselben zeigten in ihrem ganzen Verlaufe mit Ausnahme der Spitzenregion kleine, flache, etwa ½ mm hohe, allseitig sanft verlaufende, vollkommen berindete Buckel, welche mehr durch das Gefühl als durch das Auge bemerkbar waren. Die äufsere Rinde erschien durchaus normal und als die direkte Fortsetzung der übrigen, nicht erhabenen Partie des Zweiges. Im Querschnitt läfst sich die Ursache der Rindenauftreibung in einer Anschwellung des Holzkörpers erkennen, welcher im Anfange des zweiten Jahresringes ein Nest holzparenchymatischer, sehr weiter, stärkereicher Zellen gebildet hat. In der Regel findet sich ein solches Parenchymholznest genau zwischen zwei Markstrahlen, so dafs der seitliche Übergang von diesem krankhaften Holzgewebe zum gesunden ein ziemlich plötzlicher ist, während diese abnormen Holzelemente in radialer Richtung ganz allmählich die normalen Dimensionen und Verdickungen annehmen. Nur zeigen sich noch in dem radial angrenzenden sowohl wie in dem seitlich anstofsenden, regulär gebauten Holze einzelne stark erweiterte und verkürzte, mit Stärke (im März untersucht) erfüllte Holzzellen.

In dem Holzparenchymneste finden sich unregelmäſsig verlaufende gelbe Streifen; die gelbe Färbung rührt von gequollenen Zellwandungen her, die bei Frostschädigungen allgemein vorkommen. Auch andere Merkmale einer bestimmten Gruppe von Frostschäden sind vorhanden, wie z. B. die Zerrung der Markstrahlzellen an der Froststelle nach einer Seite hin und die tonnenförmige Erweiterung des Markstrahles bei seinem Eintritt in das Parenchymnest. Diese tonnenförmige Erweiterung des Markstrahles wird weniger oft durch Vermehrung seiner Zellen hervorgerufen als durch Verbreiterung derselben auf Kosten ihrer Länge; dabei bemerkt man nicht selten eine in die Augen springende Verdickung der sekundären Membran. Eine Zellvermehrung zeigt sich am häufigsten bei den einzelligen Markstrahlen, die von der Froststelle aus zweizellig werden. Je weiter sich ein solcher Markstrahl in das Parenchymnest hinein fortsetzt, desto breiter und kürzer erscheinen im Querschnitt seine einzelnen Zellen und mit desto schiefer stehenden Wandungen greifen sie keilförmig ineinander, anstatt stumpf aneinander gefügt zu bleiben; endlich werden alle Zellen in dem Parenchymneste, dessen Elemente im Zentrum des Nestes am weitesten sind, gleichgestaltet, so daſs man überhaupt eine Differenzierung der Markstrahlen nicht mehr erkennt.

Dem gelb- bis braunstreifigen Neste von Parenchymholz entspricht in demselben Radius eine ehemals damit zusammenhängende, jetzt aber durch dazwischengeschobenes, neues Holz getrennte, braune Rindenzone, die tangential gestreckt ist.

Bei dem Färben der Schnitte mit Campecheholzextrakt zeigten sich oft sehr hübsche Bilder, wenn konzentrierte Chlorzinkjodlösung hinzutrat. Die Holzzellwandungen in ihrer verschiedenartigen Verdickung traten deutlicher hervor. Einzelne Gruppen von Holzzellen färbten ihre Wandungen intensiver gelb und zeigten sich mehr gequollen; es waren dies die Wände der die Gefäſse umgebenden, stärkeführenden, gefächerten Holzzellen[1]), welche somit

[1]) Aus diesen gefächerten Holzzellen kann man zur Zeit des Erwachens der Vegetation bei Behandlung der Schnitte von *Acer*, *Salix viminalis* und anderen Gehölzen mit stark saurer, konzentrierter Chlorzinkjodlösung groſse, dunkelblaue Stärkeranken austreten sehen (vergl. Fig. 124 *r*). Die Struktur der Ranken ist verschieden. Bald erkennt man ihre Zusammensetzung aus den einzelnen, unregelmäſsig gequollenen Stärkekörnern noch sehr deutlich, indem ein fester gebliebener Kern der Körner über die Oberfläche der glatten, durch Verschmelzung der peripherischen Schichten der Stärkekörner entstandenen Wandung der schlauchförmigen Ranke höckerig hervortritt; bald jedoch ist die Substanz der hohlen Ranke

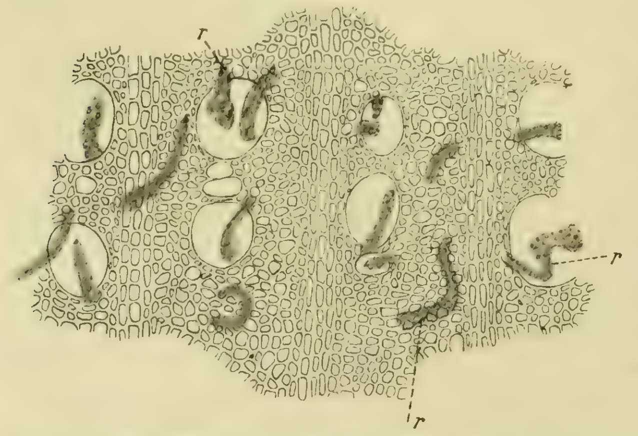


Fig. 124. Stärkeranken bei Behandlung der Schnitte junger Weidenzweige mit Chlorzinkjod. Die Ranken treten aus den angeschnittenen gefächerten Holzzellen hervor und krümmen sich vielfach in die Gefäſslumina hinein. (Orig.)

empfindlicher sein dürften als die anderen Elemente des Gefäfsbündels.

Bei Frostbeulen der Kirsche, die in Fig. 125 und 126 skizziert sind, zeigt sich das anatomische Bild insofern etwas abweichend von den Frostbeulen des Ahornzweiges, als hier meist der Gummiflufs infolge

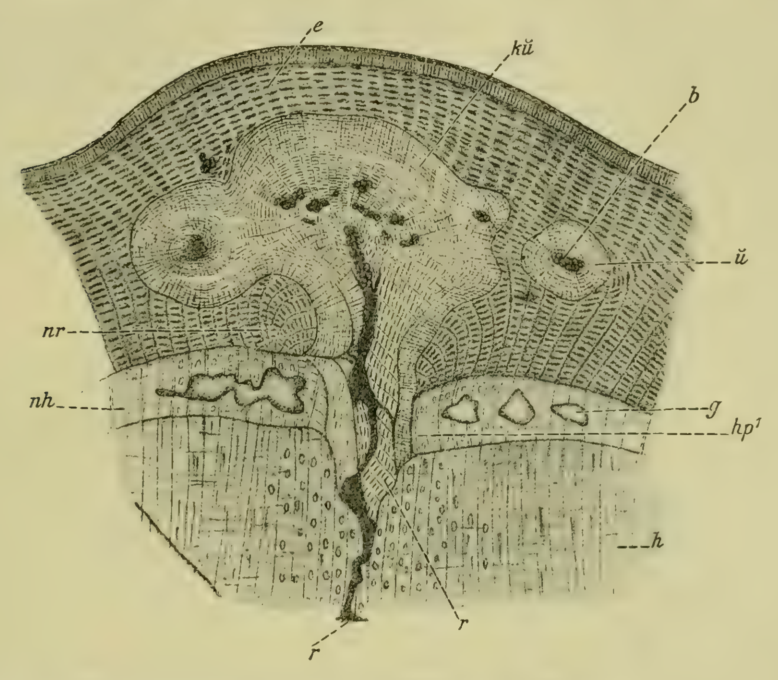


Fig. 125. Frostbeule am Zweige einer Süfskirsche. Medianer Schnitt. (Orig.)

der Verletzung sich hinzugesellt. Fig. 125 ist der Querschnitt aus dem Zentrum einer Beule, Fig. 126 ein seitlich der Mediane der Wunde entnommener Längsschnitt. *r* ist der braune Streifen aus totem Gewebe, welcher den die Beule veranlassenden, inneren, feinen Rifs zunächst

---

gleichmäfsig hautartig und die Oberfläche glatt; die Spitze erscheint oft zackig. Bei älterem Holze treten die Stärkeranken im Herbstholze des letzten und vorletzten Jahresringes am zahlreichsten auf. Glycerin hellt die Ranken oder, besser gesagt, Stärkeschläuche auf, die übrigens sowohl auf der Oberseite als auf der Unterseite des Schnittes hervortreten. Alkohol läfst sie schärfer konturiert und dunkler erscheinen; Kalilauge entfärbt sie und zeigt die körnigen Bestandteile der Wandung besser. Die Bildung der Ranke scheint zu erfolgen durch Quellung der Stärkekörner, die dann platzen und ihren Inhalt mit dem Reagenz zu einer Membran umformen, an der man bisweilen helle kreisrunde Stellen erkennt, gleichsam als ob Vakuolen bei der Bildung angelegen hätten. Die zackige Beschaffenheit der Spitze wird durch unregelmäfsiges Hervortreten der einzelnen äufsersten Stärkekörnchen bedingt. Diese Ranken möchte ich für Traubesche Zellen halten; stark saures Chlorzink mit Kali allein zeigte hautartige Niederschläge. Zinnchlorid (neutral) und Eisenchlorid (sauer) erzeugen keine Ranken, die übrigens durch Schwefelsäure oder Salzsäure nicht zerstört werden; ein Eintrocknen der Zweige, die vorher viele Ranken zeigten, vermindert die Ausbildung derselben oder hebt sie ganz auf. Überhaupt ist diese Erscheinung nicht immer hervorzurufen; sie scheint an eine besondere Beschaffenheit der Stärke kurz vor ihrer Auflösung im ersten Frühjahr gebunden zu sein.

begrenzte. Dieser Rifs war äufserlich gar nicht sichtbar; denn die äufsersten Rindenschichten *e* sind unverletzt geblieben, obwohl die Wunde ziemlich tief war und bis in das alte Holz *h* hineinreichte; sie mufs aber von Anfang an sehr eng gewesen und zu einer Zeit entstanden sein, in der eine Überwallung sofort möglich war, denn es senkte sich das überwallende Gewebe alsbald in die Wunde *r*, ohne dafs erst gröfsere Gewebepartien zum Absterben gekommen wären. Dieses junge, weiche Überwallungsgewebe sowie die an die erkrankten Partien der Rinde angrenzenden Zellen erzeugten alsbald dicke Korklagen *ku*, welche das tote Gewebe vollständig einhüllten und von dem gesunden isolierten. Die Hartbastbündel *b*, welche mitten im gesunden Rindengewebe in der nächsten Nähe der Wunde erkrankten, sind durch isolierte Korkumwallungen (Fig. 125 *u*) eingeschlossen, so dafs von ihnen aus eine weitere Zersetzung des umgebenden chlorophyllhaltigen Rindenparenchyms nicht stattfinden kann.

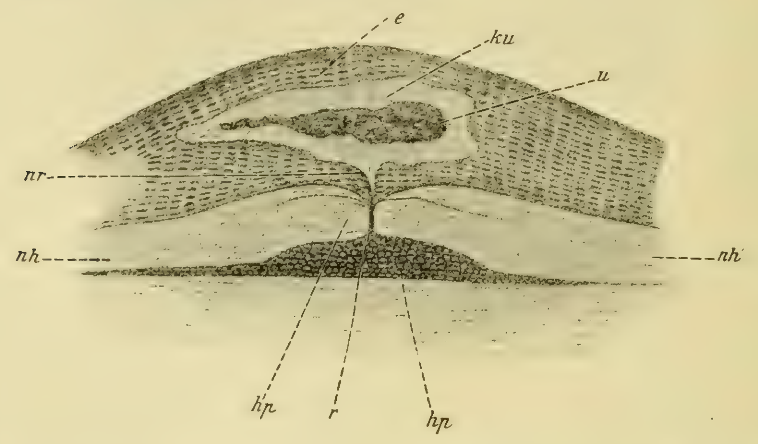


Fig. 126. Dieselbe Wunde wie bei Fig. 125 dargestellt. Seitlich geführter Schnitt. (Orig.)

Bei dem Heilungsvorgange bemühten sich nun das neue Holz *nh* und die neue Rinde *nr*, die Wunde von den Seiten her zu überdecken. In der Mitte der Wunde, wo die klaffenden Ränder am weitesten abstehen, Fig. 125 *nh*, ist ein Schlufs noch nicht erreicht; dagegen ist an den Seitenpartien dieser Fall bereits eingetreten; es haben sich von oben und unten her die beiden neuen Holzlagen Fig. 126 *nh*, *nh'* mit ihren Rändern vereinigt und das tote Rindenstück, Fig. 126 *u*, von dem toten Holzteil schon getrennt. Je älter und dicker die neuen Holz- und Rindenlagen werden, desto mehr wird die tote Rinde nach aufsen gedrängt und endlich ganz abgestofsen. Das abgestorbene Holz *hp*, welches parenchymatischer Natur war und die augenblicklich noch frischen Wundränder, Fig. 125 *hp'*, die ebenfalls aus Parenchymholz gebildet sind, gehen erst ganz allmählich in festeres, normales Gewebe über. Das erst gebildete, zur Überwallung sich anschickende Neuholz trägt in der mittleren Wundgegend den Todeskeim schon in sich, indem zahlreiche Gummiherde (Fig. 125 *g*) sich gebildet haben, welche das wenig widerstandsfähige Gewebe in kurzer Zeit auflösen werden.

Bei älteren Überwallungen an einem durchaus nicht üppigen Ahornzweige wurde auch einmal eine S p a l t u n g d e s J a h r e s r i n g e s be-

merkt, indem die Herbstholzregion auf einer Seite des Zweiges sich durch eine bedeutend dickere, gefäfsreiche Frühjahrsholzzone in zwei Blätter spaltete und dann wieder mit der erst gebildeten Zone verschmolz, so dafs auf einer Zweigseite ein Jahresring mehr zu zählen war als auf der anderen.

Wenn man an bisher gesunden Stämmen zum ersten Male derartige Auftreibungen bemerkt und dies in den ersten Sommermonaten der Fall ist, wird es sich empfehlen, den Baum stark zu schröpfen. Dies mufs in der Weise geschehen, dafs man oberhalb der Auftreibungen das Messer einsetzt und mehrere Längsschnitte durch die Beulen bis unter dieselben in das gesunde Gewebe hinein vollführt. Durch den Wundreiz, den man auf das gesunde Gewebe in der Umgebung der Beule ausübt, wird erstens dieses Gewebe zu erhöhter Überwallungstätigkeit angeregt, zweitens wird der Zudrang an plastischem Material von dem krankhaften Wuchergewebe abgelenkt.

Frostrunzeln.

Während bei den Frostbeulen die stellenweise stattfindende Abhebung des gesamten Rindenkörpers vom Holzzylinder als Ursache nachgewiesen werden konnte, handelt es sich bei den Frostrunzeln um Ablösungen der äufseren, derben Rindenlagen von der zarten Innenrinde. Die Erscheinung ist bisher nur an diesjährigen Kirschzweigen im Juni beobachtet worden. Die Zweige waren dadurch auffällig, dafs die sonst glatte Rinde auf einer Seite quergerunzelt erschien. Das Cambium war nicht gestört, das Mark etwas gebräunt.

Nachgewiesenermafsen entstehen durch den eindringenden Frost grofse Spannungsdifferenzen in der Achse. Der Frost zieht, auch ohne dafs es bis zur Ausscheidung von Eiskristallen in den Intercellularräumen kommt, das Gewebe zusammen, und zwar um so stärker, je dünnwandiger es ist. Die Rinde leidet bedeutend mehr als der später erreichbare, schwerer abkühlbare und weniger sich zusammenziehende Holzkörper. Die Zusammenziehung erfolgt in der Richtung der Tangente stärker als in radialer Richtung. Dieser Überschufs wirkt wie eine alleinvorhandene, in der Richtung des Stammumfanges stattfindende Zerrung, der auch die einzelnen Rindenlagen bei grofser Jugend der ganzen Rinde in verschiedenem Mafse folgen werden. Bei gleicher Stärke der Zusammenziehung an allen Punkten der Rinde werden diejenigen Zellen, welche der Peripherie am nächsten liegen und am meisten in der Richtung des Stammumfanges gestreckt sind, auch am meisten gezerrt werden. Wenn man erwägt, dafs die äufseren Zellen der primären Rinde bei ihrer gröfseren Derbwandigkeit nicht mehr so elastisch wie die darunterliegenden, dünnwanderigeren sind, so sieht man ein, dafs nach Aufhören der Zerrung bei ihnen die durch die unvollkommene Elastizität bewirkte, dauernde Vergröfserung am bedeutendsten sein wird.

Nach dem Verschwinden der bei Spätfrösten doch nur kurz dauernden Frostwirkung wird der gesteigerte Turgor die Zellen in der gedehnten Gestalt erhalten; da die äufseren Rindenlagen nach der stärkeren Dehnung nicht mehr Platz in der bisherigen Tangentialebene haben, werden sie sich runzelig oder blasig über die bisherige Ebene des Stammumfanges erheben und auf diese Weise die „Frostrunzeln“ bilden.

Aufser der tangentialen und radialen Zusammenziehung kommt bei den jungen, noch krautartigen Zweigen die longitudinale Veränderung hinzu, die bei der durch die Frostwirkung bedingten Krümmung des Achsenkörpers entstehen mufs. Man kann künstlich an einjährigen Trieben durch Biegen leicht Querrunzeln erzeugen. Betreffs der bei gebogenen, krautartigen Stengeln sich entwickelnden Spannungsverhältnisse sei auf die Arbeit von Ursprung[1]) verwiesen.

Fig. 127. Flatterig aufgerissene Korklamellen an frostbeschädigten Zweigen.

Frostlappen, Korklocken.

Viel häufiger als die in Form von Frostrunzeln und Frostbeulen auftretenden Abhebungserscheinungen im lebenden Rindengewebe sind die Ablösungsvorgänge, die sich durch Vertrocknen der äufseren Gewebelagen einstellen, wenn Zweige durch den Frost getötet werden. In Fig. 127 sehen wir einen Zweig mit lockenartig zurückgerollten, flatternden, trockenen Rindenfetzen von der Herbstsylvesterbirne. Auch bei weichholzigen Äpfeln (Morgenduftapfel) wurde an Zweigen und jungen, noch glattrindigen Baumschulstämmen im Mai und Juni die Erscheinung aufgefunden. Man sieht zunächst das Periderm blasig abgehoben; später reifsen die Blasen durch einen Längsspalt auf. Das gesamte Rindenparenchym erscheint unterhalb des Risses geschwärzt und trocknet schnell zusammen. In dem Mafse, als sich der Rifs erweitert, schreitet das Absterben des Rindengewebes weiter fort, indem es zunächst gelbgrün und weich wird, dann nachdunkelt, zusammensinkt und schliefslich vertrocknet.

Mit der Zeit werden diese toten Stellen auch ganz blofsgelegt, indem der Längsrifs in der Peridermblase sich verlängert und neu auftretende Querrisse die ganze abgehobene Korkhaut in mehrere Lappen teilen. Bei dem Zusammentrocknen rollen sich dann die einzelnen Lappen rückwärts ein und entblöfsen dadurch das bisher bedeckt gewesene Rindenparenchym. Es bleibt zu bemerken, dafs gerade an der Basis der jungen, noch glattrindigen Stämme am meisten derartige Korklappen zu finden sind, während die jüngeren Zweige äufserlich unversehrt erscheinen und auch frisch austreiben, aber allerdings nach einiger Zeit gelbe und welke Blätter erhalten.

[1]) Ursprung, A., Beitrag zur Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums an Krautpflanzen. Ber. d. D. Bot. G. 1906, Heft 9, S. 498.

Von der Ausdehnung und Häufigkeit solcher Korklocken, die immer wieder durch gesund gebliebene Stellen voneinander getrennt gefunden werden, hängt es ab, ob der Baum am Leben bleibt. Meist stirbt derselbe, da das Cambium unter den geschwärzten Rindenstellen tot ist. Die Gegend in der Umgebung der Augen oder fortgeschnittener Zweige erscheint zu derartigen Frostbeschädigungen besonders geneigt.

Die Verfärbungserscheinungen im Achsenkörper.

Die Obstzüchter pflegen, wenn sie im Frühjahr ihre Bäume schneiden, aus der Betrachtung der Schnittfläche Schlüsse zu ziehen, ob eine Obstsorte frosthart für eine bestimmte Gegend sich erwiesen hat oder durch die Kälte beschädigt worden ist. Man urteilt danach, ob die Schnittfläche gleichmäfsig weifs oder stellenweise gebräunt erscheint. Die Bräunung tritt teils in ringförmigen Zonen, teils in flächenartiger Ausbreitung auf. Im ersteren Falle ist (oft einseitig am Zweige) die cambiale Region oder die Peripherie der Markscheibe, die sogenannte Markkrone, wo die innersten Gefäfse des Holzringes in das Markparenchym hineinragen, der Herd der Verfärbung. Bei flächenartiger Bräunung pflegt ein Teil der Holzfläche nebst Markkörper an derjenigen Zweigseite ergriffen zu sein, an welcher die dazugehörige Knospe sitzt. Die Braunfärbung ist ein Zeichen der Humifikation, welche allmählich bei dem Auftrocknen des Zellinhaltes an die Wandungen sich einstellt. Bei den braunen Zellwänden bemerkt man nicht selten Quellungserscheinungen.

Wenn einzelne Stammteile erfroren sind, sieht man bisweilen von denjenigen Teilen, welche im ganzen Querdurchmesser gebräunt sind, braune Streifen im Holzkörper bis zu verschiedener Tiefe sich stammabwärts ziehen, und diese Streifen haben manchmal eine symmetrische Anordnung, so dafs ein Querschnitt durch den halb gesunden Stammteil eine regelmäfsige, gebräunte Figur aufweist. Am bekanntesten ist das „Landwehrkreuz“ bei *Acer*; bei *Cytisus* und *Fraxinus* kommen ähnliche Bilder vor. *Cytisus* und andere Papilionaceen zeigen zuweilen sehr ansprechende Buntfärbung derartiger Querscheiben, welche wohl eine technische Verwendung verdienen. Die Buntfärbung ist durch den verschiedenen Grad der Bräunung in den Zonen des Kernholzes und des Splintes bedingt.

Doch sind derartig regelmäfsige flächenartige Verfärbungen seltene Vorkommnisse. Die häufigste Erscheinung besteht in unregelmäfsiger Bräunung derjenigen Rindenpartie, die ein Auge umgibt, und derjenigen Markausbuchtung, welche nach dem Auge hinführt. Der Grad der Gewebeerkrankung hängt natürlich von der Zeit und Intensität der Kältewirkung sowie der spezifischen Empfindlichkeit der Baumart und, bei gleicher Intensität, von dem Alter der Achse ab. Je jünger ein Zweig ist, desto ausgebreiteter sind in der Regel die Gewebebräunungen.

Einen Einblick in die Verschiedenartigkeit der Frostbräunung bietet der in Fig. 128 wiedergegebene Querschnitt eines durch künstlichen Frost beschädigten Birnenzweiges. Hier bedeutet *m* den Markkörper, *mk* die Markkrone, *mb* die als Markbrücke bezeichnete Ausbuchtung der Markscheibe, welche nach dem kurz oberhalb dieses Schnittes liegenden, also hier noch nicht sichtbaren Auge führt. An der Stelle, wo das Auge (die Knospe) sitzt, ist jeder Zweig mehr oder weniger verdickt und baucht sich aus zum „Augenkissen“. In diesem verlaufen die

Gefäfsbündel g' und g'', welche in den Blattstiel abgehen, in dessen Achsel das Auge sich befindet. Die Gewebekappe, welche über dem zentralen Blattspurstrange dem Rindenkörper des Zweiges in der

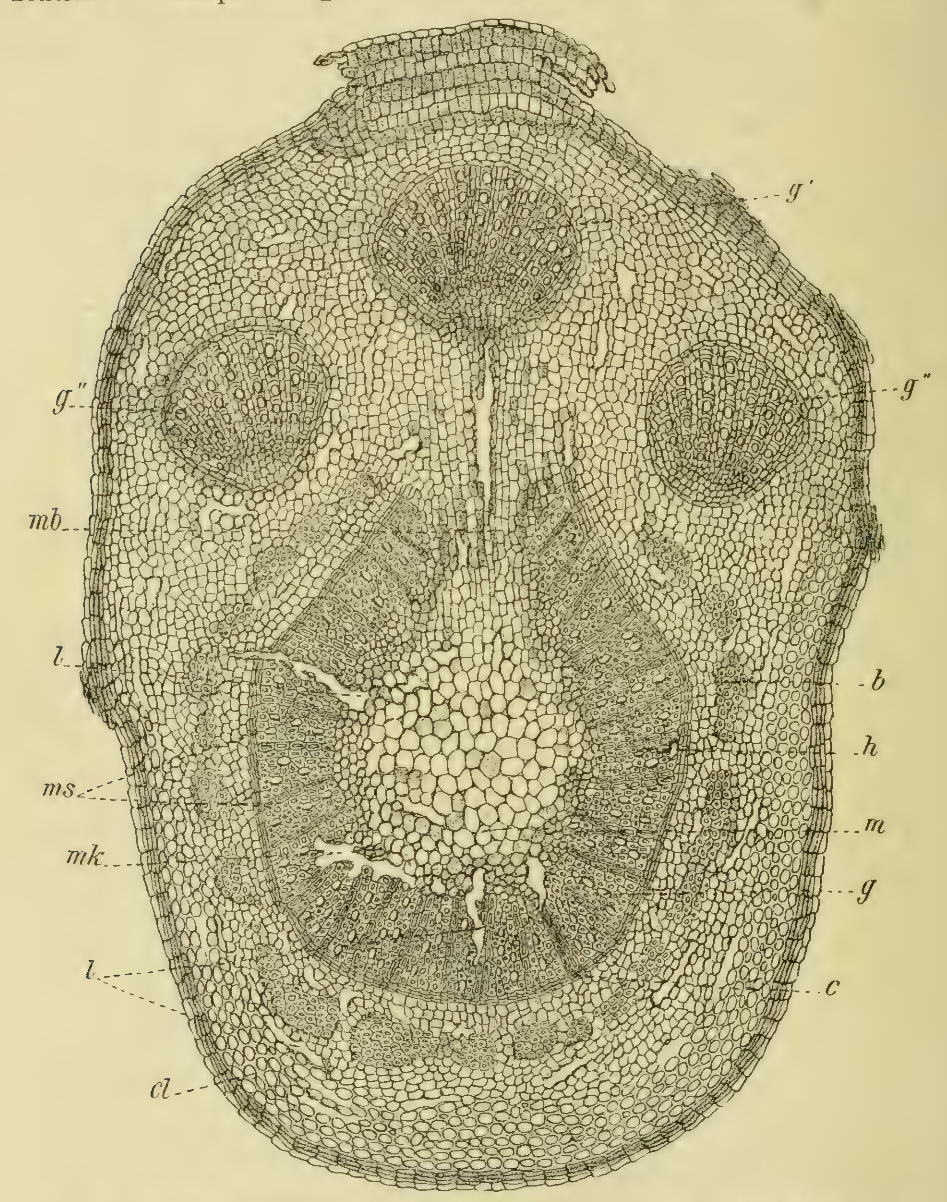


Fig. 128. Durch künstlichen Frost hervorgerufene Bräunung und Zerklüftung der Gewebe eines Birnenzweiges. (Orig.)

Zeichnung aufgesetzt erscheint, stellt das Vernarbungsgewebe dar, das nach dem Abfallen des Blattes im Vorjahre sich gebildet hat. Die einzelnen Gefäfse in den Blattspursträngen und im Holzringe sind mit g',

g'' und *g* bezeichnet. Der Holzring *h* mit den Markstrahlen *ms* zeigt mannigfache, vorherrschend radiale Zerklüftungen, während die Gewebelücken *l* im Rindengewebe meistens tangential verlaufen. Bemerkenswert ist die durch einen klaffenden Längsspalt gesprengte Markbrücke, die durch die Stärke der Verwundung erkennen läfst, dafs sie die frostempfindlichste Stelle des Zweiges darstellt.

Bei vielen Laubhölzern gibt es noch eine zweite Region grofser Frostempfindlichkeit, nämlich die Hartbastzellen und deren äufsere parenchymatische Umkleidung. Bei meinen künstlichen Erfrierungsversuchen zeichneten sich dadurch namentlich Kirsche, Pflaume, Rotbuche und Apfel aus, während die Birne gröfsere Widerstandskraft aufwies. Auch im vorstehenden Bilde zeigen sich die Bastbündel (*b*) nicht angegriffen, ebensowenig wie das Collenchym (*cl*). Die Cambiumzone *c*, welche den Baumzüchtern bei dem Frühjahrsschnitt der Obstbäume durch ihre Braunfärbung anzeigt, dafs die Zweige durch den Frost beschädigt worden sind, ist hier nicht durchgängig gebräunt. Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigt sich, dafs am meisten das noch cambial zartwandige Jungholz und die gleichalterige, innerste Jungrinde gebräunt sind, während die zwischen beiden Regionen liegende plasmareiche Meristemlage farblos und unversehrt erscheint.

Bei einem Überblick über den gesamten Querschnitt, welcher betreffs der Frostverfärbungen als Beispiel für alle Gehölze gelten kann, sehen wir also als die empfindlichste Stelle des Zweiges die Region des Augenkissens, in welcher der Zweig den schmalsten Holzring und die meiste Parenchymanhäufung besitzt. Die in der Zeichnung dunkel gehaltenen Zellen stellen die gebräunten Partien dar. Sodann folgt betreffs der Frostempfindlichkeit die Markkrone mit den Markstrahlen. Der Markkörper selbst leidet meist erst später und wird um so weniger beschädigt, je älter der Zweig ist. Im vorliegenden Falle war der Versuch gegen Mitte Mai ausgeführt worden, zu welcher Zeit in Mark und Rinde bereits Stärkespeicherung stattgefunden hatte. Die Markbeschädigung beschränkte sich hier auf eine schachbrettartige Zeichnung der Markscheibe, indem einzelne der stärkeführenden Zellen ihren Inhalt gebräunt hatten. Die Untersuchung zeigte, dafs nicht die Stärkekörner selbst, sondern ihre plasmatische Einbettungsmasse verfärbt war.

Die unregelmäfsige Verteilung der vom Frost gebräunten Zellen in allen Geweben kann nur durch den verschiedenen Zellinhalt erklärt werden. Wahrscheinlich sind die zuckerreichen Zellen die empfindlicheren. Der plasmatische Inhalt leidet bereits, wenn die Zellmembran noch hell ist. Bei den Beschädigungen der Markkrone zeigen sich zuerst die engen Spiralgefäfse gebräunt.

Die Frostlinie.

Es ist im vorigen Abschnitt erwähnt worden, dafs die Obstzüchter die gebräunte Cambialregion als Zeichen einer Frostbeschädigung anzusehen pflegen. Man findet nun vielfach diese Zone als „Frostlinie“ bezeichnet. Selbst einfache Waldarbeiter zeigten mir einmal die braunen, nach Frühjahrsfrösten sich einstellenden ringförmigen Zonen zwischen älteren Jahresringen, die wir später bei der Besprechung der „falschen Jahresringe“ und „Mondringe“ näher kennen lernen werden, als Frostlinien. Wir verstehen unter diesem Ausdruck die bei mikro-

skopischer Prüfung frostbeschädigter Gewebe sich zeigenden braunen, ringförmigen oder in Zickzacklinien auftretenden Streifen zusammengesunkener, verquollener parenchymatischer Zellen, die sehr häufig vorkommen, aber bisher kaum beachtet worden sind. Genauer untersucht habe ich die Erscheinung an Zweigen eines Apfelbaumes, der vorher schon im Glashause angetrieben und im Mai nur für 22 Minuten einer Kälte von — 4 ° C ausgesetzt worden war.



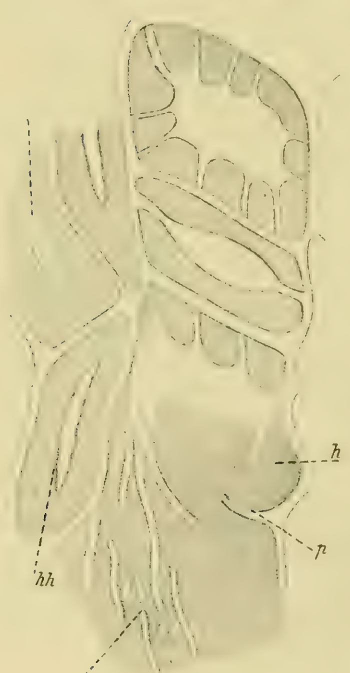


Fig. 129. Quellung der Zellmembranen nach künstlicher Frostwirkung. (Orig.)

Bei der Mitte Juni ausgeführten Untersuchung eines Zweiges, dessen Spitze erfroren war, zeigte sich äufserlich eine scharfe Grenze zwischen dem abgestorbenen und lebendig gebliebenen Teile. Diese Wahrnehmung macht man bei allen Frostschäden. Es macht sich nicht eine allmähliche Ausdehnung der Schädigungszone nachträglich bemerkbar, wenn nicht sekundäre Faktoren, z. B. holzzerstörende Pilze, zur Mitwirkung gelangen. Wohl aber kann die Frostwirkung selbst in das gesunde Gewebe hinein durch Abtöten bestimmter Gewebepartien ausstrahlen, wie dies im vorliegenden Versuche der Fall war. Zerschnitt man nämlich den an seiner Spitze erfrorenen und abgestorbenen Zweig unmittelbar neben dem an das tote Gewebe anstofsenden gesund gebliebenen und austreibenden Auge, so sah man einen braunen, scharf abgegrenzten Streifen von den toten Stellen aus in den gesunden Achsenteil hinein an drei gesunden Augen vorbei sich fortsetzen. Er durchlief die Achse von aufsen nach innen in diagonaler Richtung.

Die scharfe Umgrenzung, welche der braune Streifen zeigte, und sein diagonaler Verlauf erklärten sich bei der mikroskopischen Betrachtung, welche nachwies, dafs wir es mit dem Hauptgefäfsbündel des untersten, toten Auges der erfrorenen Spitze zu tun hatten. Es war also hier der Fall eingetreten, dafs der Tod des Auges allmählich auch das Absterben des im gesunden und gesund bleibenden Gewebe verlaufenden Zuleitungsstranges (Gefäfsbündels) nach sich zog. Dies wäre also die einzige Nachwirkung, die bei Frostbeschädigungen eintreten kann, falls nicht nachträglich Parasiten eingreifen.

Um zu erfahren, welches wohl die allererste Frostwirkung auf das Gewebe des Baumes sein möge, also welche Beschädigung bei dem Auftreten ganz geringer Fröste sich einstellt, wurde eine ganze An-

zahl Versuche über die Einwirkung sehr geringer Kältegrade gemacht, ohne zum Ziele zu führen. Es zeigte sich entweder überhaupt kein Einflufs, oder es traten die oben gemeldeten Anfangsstadien gleichzeitig auf. Es wurde nun von dem völlig erfrorenen Gewebe aus mit dem Schneiden immer mehr abwärts in den gesunden Basalteil des Zweiges hinabgegangen und beobachtet, welche Störung am weitesten von dem Frostherde aus sich in das gesunde Gewebe hinein fortgepflanzt hatte.

Als solche am weitesten in das gesunde Holz hinab verfolgbare Frostwirkung zeigte sich die Quellung der Intercellularsubstanz bzw. Mittellamelle (Fig. 129, *i*).

Dieses streifenweise Aufquellen und Braunwerden der Intercellularsubstanz sah ich im allgemeinen häufiger in der Richtung der Tangente als in der der Markstrahlen, namentlich oft in der Nähe des alten Herbstholzes, also in den ersten gefäfsreichen Lagen des Frühjahrsholzes. Aber man trifft diesen Zustand der Intercellularsubstanz selten allein; meist ist er schon verbunden mit einer leicht gelblichen Färbung und Quellung der sekundären Membran der anliegenden Holzzellen (Fig. 129, *h*). Diese Veränderung wird in einzelnen Fällen derartig intensiv, dafs das ganze Lumen der Zelle bis auf einen engen, spaltenförmigen Hohlraum ausgefüllt wird (*hh*).

Mit der Quellung wird die Lichtbrechung aufserordentlich schwach; nur die äufserste Membran und die festere Innenauskleidung behalten ihr starkes Lichtbrechungsvermögen. Die Quellung kann so stark werden, dafs auch die äufserste Membran zerreifst (*p*), und dieses Zerreifsen trifft in der Regel mehrere nebeneinanderliegende Zellen, so dafs die veränderte, sekundäre Membran mit der gequollenen Intercellularsubstanz zu einem gleichmäfsigen, gelben bis braunen Streifen verschmilzt, in welchem parallel gelagerte Reste der primären Membran kenntlich bleiben (*st*).

Es ist somit experimentell erwiesen, dafs durch den Frost Lockerungsvorgänge in den Zellmembranen eingeleitet werden. Diese kommen in den sogenannten „Frostlinien“ zum Ausdruck.

Innere Zerklüftungen des Achsenkörpers.

Es ist in dem Abschnitt über die Frostbeulen bereits der Störungen gedacht worden, welche sich an glattrindigen Zweigen und Stämmen einstellen können, ohne dafs äufserlich eine Wunde zunächst bemerkbar wäre. Erst im nächsten Jahre nach der Entstehung der Beulen kann der Fall eintreten, dafs durch eine sich nachträglich vergröfsernde Beule die sie deckenden primären Rindenschichten platzen und als vertrocknete Ränder die hervortretende Neubildung umsäumen. Hier war die Ursache aber stets nur in Abhebungen der Rindenlagen zu sehen, ohne dafs der Holzkörper zersprengt worden wäre.

Wenn man aber die Vorkommnisse im Freien, in sogenannten Frostlöchern, also an Stellen, an denen Spätfröste fast alljährlich und sehr intensiv auftreten, genauer durchmustert, findet man beulige Auftreibungen an Zweigen und Stämmen, die in ihrem Innern mannigfache Zerklüftungen des Holzringes erkennen lassen.

Es ist nun zufällig gelungen, auch derartige Beulen künstlich hervorzurufen, indem ich Zweige, an denen der diesjährige Holzring schon eine namhafte Breite erlangt hatte, einer kurzen, scharfen Frostwirkung aussetzte. Die beistehende Fig. 130 stellt eine verheilte innere

Zerklüftungswunde an einem Kirschenzweige dar. Die Frostwunde ist durch einseitiges Abheben der Rinde vom jungen Holze entstanden; *a* ist das alte Holz des Vorjahres, *b* das diesjährige, bis Juni gebildete Frühlingsholz. *g* ist die Splintregion mit der normalen Cambiumzone. Um diese Zeit wurde der Zweig in den Kältezylinder gebracht, und bei der Untersuchung zeigte sich, daſs die Rinde im weiten Bogen (*sp*) vom Splinte losgeplatzt war, und daſs auch das junge Holz *b* radial zerklüftet erschien. Die Zerklüftung erfolgt entlang den Markstrahlen *d*, welche seltener selbst zerreiſsen, als vielmehr sich an einer Seite von den prosenchymatischen Zellen und Gefäſsen loslösen und dann teilweise zusammentrocknen. Eine in der Zeichnung bei *o* dargestellte radiale Erweiterung der Lücke stellt sich in einzelnen Fällen durch

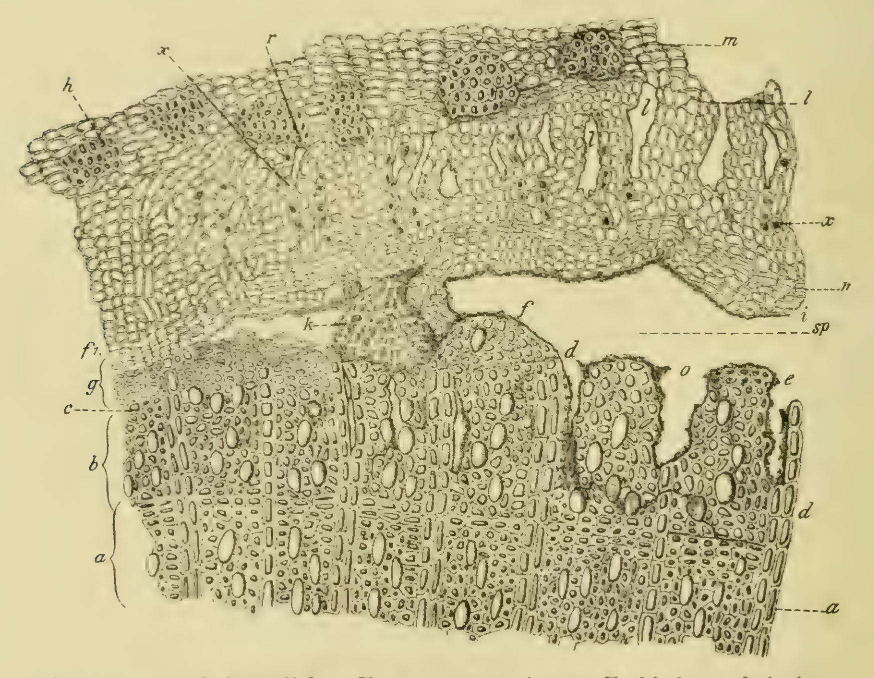


Fig. 130. Durch künstlichen Frost erzeugte innere Zerklüftung bei einem Kirschenzweige. (Orig.)

weitergreifendes Vertrocknen der prosenchymatischen, noch teilweise dünnwandigen Splintelemente ein. Doch bleiben im allgemeinen die radialen Holzspalten schmal, und es bräunen sich nur die Wandungen der auseinanderweichenden Elemente tief.

In der Nähe der durchbrechenden Augen, bei denen also eine Markbrücke den ganzen Holzkörper vom Mark bis zur Rinde durchzieht, ist bei allen Bäumen das Gewebe weicher, die Zahl der schon dickwandigen Holzzellen geringer; es haben sich erst die den Markstrahlen zunächst liegenden Elemente zu Holzzellen mit stark lichtbrechender Wandung ausgebildet, während die weiter entfernt von zwei Markstrahlen befindlichen Zellformen noch dünnwandiger und inhaltsreicher sind, auch zwischen sich noch keine weiten Gefäſse erkennen lassen. In solchen, einem Auge nahe liegenden Splintschichten zeigt sich als Fortsetzung

radialer Sprünge bisweilen auch eine tangentiale Gewebezerklüftung an der Grenze des vorjährigen und diesjährigen Holzes.

Den Zerklüftungen des Holzkörpers entsprechen radiale Lücken *l*, im Gewebe der sekundären Rinde *n*, während die primäre, *m*, mit ihren Hartbastbündeln *h* keinerlei Zerreifsungen, sondern nur teilweise Bräunung des Inhalts und der Wandungen einzelner Hartbast- und Rindenparenchymzellen erkennen läfst (*r*). Auch hier entstehen die Lücken vielfach durch Auseinanderweichen der einzelnen Gewebekomplexe und weniger durch Zerreifsen der Membranen der einzelnen Zellen. Es trennen sich nämlich die zartwandigen Zellgruppen, welche in der sekundären Rinde dem Bastparenchym der Primärrinde entsprechen, von den in ihrer Entwicklung bereits weiter fortgeschrittenen und deshalb dickwandigeren Rindenstrahlen, an deren Seiten die die Hartbaststränge begleitenden Reihen von Zellen mit oxalsaurem Kalk, *x*, in die Augen springen.

Die radialen Spalten und Klüfte sind aber nur nebensächliche Erscheinungen gegenüber der grofsen tangentialen Spalte *sp*, welche die Rinde vom Holze trennt. Die Trennungslinie verläuft unregelmäfsig bald in den noch cambialen Schichten der Rinde, bald in denen des Splintes. Da man annehmen kann, dafs an allen Stellen des Gewebes der Trennungslinie eine gleich grofse Kraft bei der Erzeugung des Risses tätig war, so geht aus der Unregelmäfsigkeit der Trennungslinie hervor, dafs das Gewebe in demselben radialen Abstande vom Mittelpunkte des Zweiges nicht überall dieselbe Festigkeit besitzt. Eine solche Unregelmäfsigkeit ist durch den auf dem Splinte sitzen gebliebenen und später abgestorbenen Gewebelappen *k* neben dem Holzvorsprunge *f* angedeutet.

Mit Ausnahme dieses Lappens findet sich in der Rifsstelle wenig zusammengefallenes Gewebe; selbst die Zellen der jüngsten Rinde, *n*, sind zum Teil zwar tief gebräunt und inhaltsarm, aber nicht zusammengesunken, sondern steif und in ihren Wandungen gegen Schwefelsäure viel widerstandsfähiger geworden (*i*).

Die Heilung solcher Wunden erfolgt in der Regel nicht durch seitliche Überwallung. Man sieht bei ähnlichen Stellen vielmehr zunächst eine Streckung des älteren Rindenparenchyms in radialer Richtung; später entstehen in der Rinde zwischen den Rindenstrahlen anfangs isolierte Meristemherde, welche neue Holzelemente hervorgehen lassen. Das Neuholz drängt allmählich die in diesem Falle nicht veränderten Gewebeschichten *n* gegen den zerklüfteten Splint in der Richtung *f*, *o*, *e* und bildet aus den toten Geweberesten einen braunen Streifen, der um so schmäler wird, je mehr Holz sich über der Rifsstelle anhäuft, also der Druck anwächst. Die isolierten Meristemzonen der in dem abgehobenen Rindenlappen entstehenden Holzbündel vereinigen sich später seitlich miteinander und schliefslich auch mit der Cambiumzone *f'* an der unverletzt gebliebenen Zweigseite. Eine solche durch tangentiale Abhebung und radiale Holzringzerklüftung hervorgerufene Beule bleibt für mehrere Jahre äufserlich kenntlich.

Offene Frostrisse.

Eine anscheinend ganz unwesentliche, in Baumschulen bei kräftig wachsenden Exemplaren am leichtesten aufzufindende Erscheinung ist das Auftreten kleiner überwallter Rifsstellen. Dieselben treten auch

meist mehr oder weniger beulenartig etwas über die glatte Rinde hervor, unterscheiden sich aber von den bisher beschriebenen Beulen dadurch, dafs sie an ihrer Oberfläche eine Längsfurche zeigen. Daraus ergibt sich, dafs sie durch Verwachsung von zwei lippenartig hervorgetretenen Wundrändern entstanden sind. Diese Erhebungen gleichen sich bei späterem Wachstum meist wieder aus und haben dann für das Leben der Achse keine weitere Bedeutung.



Fig. 131. Querschnitt durch das Augenkissen eines Lärchenzweiges, welches durch künstlichen Frost beschädigt worden ist. (Orig.)

Aber sie erlangen eine ungemeine theoretische Wichtigkeit für die Erklärung der Entstehung der als Frostkrebs später vorgeführten Gewebewucherungen. Soweit meine Untersuchungen reichen, stützen sie die Anschauung, dafs die Geschwülste des Frostkrebses ihren Anfang von derartigen kleinen Rissen nehmen, die zur Zeit der üppigsten cambialen Tätigkeit der Achse im Frühjahr entstehen. Man findet solche Risse meist in unmittelbarer Nähe der Augen und kann nun zunächst deren Auftreten auf lokale Zuwachssteigerung zurückführen.

Es ist auch nicht zu leugnen, dafs dies die nächstliegende Erklärung ist, aber der Wundbefund in manchen Fällen wies doch auf Frostwirkung hin.

Es gelang endlich, diesen Zweifeln dadurch ein Ende zu machen, dafs bei künstlichen Erfrierungsversuchen solche Frostrisse erzielt wurden. Fig. 131 stellt das anatomische Bild einer solchen Wunde dar, die durch die Einwirkung künstlicher Kälte auf einen 1½ Jahr alten Lärchenzweig erzeugt worden ist. Der Zweig ist an einem Augenkissen durchschnitten. Das Holz *h*, welches sonst einen gleichmäfsigen Ring um das Mark *m* bilden würde, erscheint durch die breite parenchymatische Markbrücke *m—mtr* unterbrochen.

Dieses Gewebe ist durch den Frost getötet worden und bei dem Zusammentrocknen zerrissen. Das in der Richtung *v—va* liegende Parenchym war zur Zeit der Frostwirkung (am 18. Mai) noch nicht vorhanden, sondern der Spalt der Markbrücke setzte sich durch die Rinde nach aufsen fort. Letztere war in der damaligen Cambiumzone auch tangential zu beiden Seiten des Risses vom Splint abgeplatzt und bildete die Spalte *sp*. Aber nur die unmittelbar an den Wundrändern liegenden Zellen sind abgestorben und teilweise zusammengetrocknet. Die ursprünglich getrennt gewesenen beiden Rindenseiten über der Spalte *sp* bildeten sofort in der bei allen Überwallungsvorgängen sich einstellenden Weise durch Vorwölben der peripherischen, gesunden Zellen und Teilung derselben die Anfänge von Überwallungsrändern, die gegeneinander hin sich immer weiter ausbildeten und in kurzer Zeit miteinander verschmolzen.

Die Verschmelzungsstelle der Überwallungsränder *nr* ist an der seichten Einbuchtung *va* kenntlich, namentlich aber auch an der Lage der Hartbastzellen *b*, welche gegeneinander geneigt erscheinen. Das ganze Gewebe, welches die Spalte deckt, ist im Laufe von sechs Wochen (die Wunde wurde am 4. Juli untersucht) neu gebildet worden. Die alte Rinde, welche der Frostrifs gespalten hatte, ist durch die lippenförmig hervorgewölbten Überwallungsränder zurückgedrückt worden und umgibt jetzt die Neubildung als ein scharfer, trockener Rand *t*. Der Überwallungsrand hat in dieser Zeit auch schon Holz gebildet; die ganze derbwandige Zone *hp* ist Neuholz. Dasselbe ist aber unter einem so geringen Rindendrucke entstanden, dafs es parenchymatisch kurzzellig geworden ist. Erst später würde die Cambiumzone *c—c*, die durch Verschmelzung der in beiden Hälften isoliert gewesenen Zonen entstanden ist, normale Holzelemente gebildet und immer festere Schichten über die Frostwunde gelagert haben.

Ähnlich der Beschädigung an der Lärche ist die an einem Apfelzweige durch Einwirkung einer Kälte von 3° während 25 Minuten im Monat Juli hervorgerufene Wunde (Fig. 132). Es bedeutet *a* das alte Holz des Vorjahres, *b* das bis zum Juli gebildete Neuholz, *c* die Region, in welcher die Kälte das Gewebe getötet hatte. In den sich über die Wundfläche wölbenden sehr üppigen Überwallungsrändern hat die schneckenförmig sich krümmende Cambiumzone *f* eine dicke neue Rinde *g* und einen neuen, durch die Markstrahlen *d* sich fächernden Holzkörper *e* erzeugt. Aber diese Holzbildung aus prosenchymatischen Elementen beginnt erst ziemlich weit rückwärts im Überwallungsrande; der davorliegende lippenförmige Teil dieses Randes besteht aus Parenchymholz, an dessen Peripherie sich allmählich einzelne prosenchymatische Zellgruppen *h* kenntlich machen. In demselben Radius,

in welchem die ersten derbwandigen Holzzellen auftreten, erscheinen in der Rinde die Anfänge von Hartbastzellen *hb*.

Die Überwallungsränder treten als Buckel mit anfangs lippenförmiger Spalte über die Rinde hervor. Dasselbe Bild gewähren nun natürliche Anschwellungen, die bisweilen an Apfel-, Buchen-, Eschen- und Kirschenzweigen krebsiger Stämme angetroffen werden, und die ich für die Anfangsstadien der geschlossenen Krebsgeschwülste halte (s. Fig. 135 im folgenden Abschnitt).

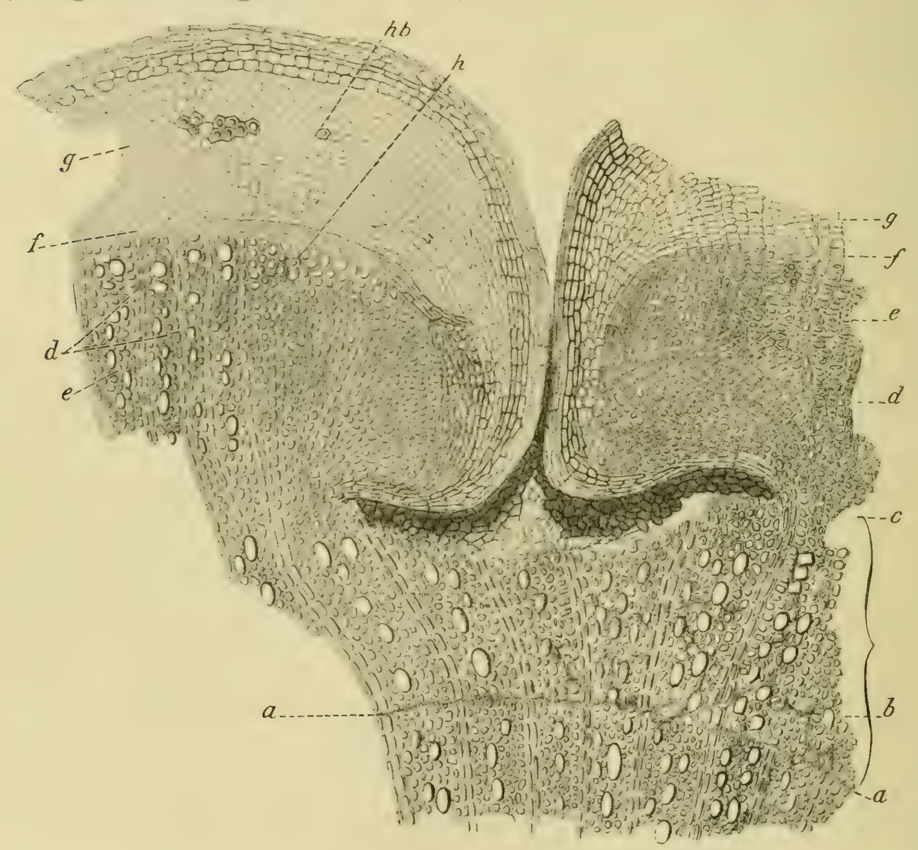


Fig. 132. Durch künstliche Kälte erzeugter Frostrifs an einem Apfelzweige. In Überwallung. (Orig.)

Der Krebs (carcinoma).

Als „Krebs" spreche ich solche Wunden an, deren Überwallungsränder zu wuchernden Holzgeschwülsten sich ausbilden. Der Charakter der Wucherung liegt in der ausschliefslichen oder überwiegenden Bildung von Parenchymholz an Stelle der normalen prosenchymatischen Holzelemente. Die Krebsgeschwülste haben für jede Gehölzart typische Gestalt.

a) Der Apfelkrebs.

Der Krebs an den Apfelbäumen tritt in zwei Formen auf, von denen die eine, häufigere sich durch eine breite zentrale, blofsliegende

Wundfläche, gebildet aus dem frei hervortretenden, geschwärzten Holzkörper, auszeichnet, welche von wulstigen, sehr starken, nach aufsen terrassenartig alljährlich zurücktretenden Überwallungsrändern umgeben wird. Im Mittelpunkte der Wunde ist häufig der Rest eines kleinen Zweigstumpfes kenntlich. Derselbe ist in Fig. 133 mit *z* bezeichnet, während der nächste Überwallungsrand durch u^1 kenntlich gemacht worden ist. Wir sehen, wie die Wundfläche sich allmählich vergröfsert, indem der erstgebildete, noch ziemlich flache Überwallungsrand abstirbt und sich schwärzt, während der nächstjährige u^2, terrassenförmig zurücktretende zur Ausbildung gelangt. Der Vorgang wiederholt sich von Jahr zu Jahr (s. u^3 und u^4), bis die Achse nahezu in ihrem ganzen

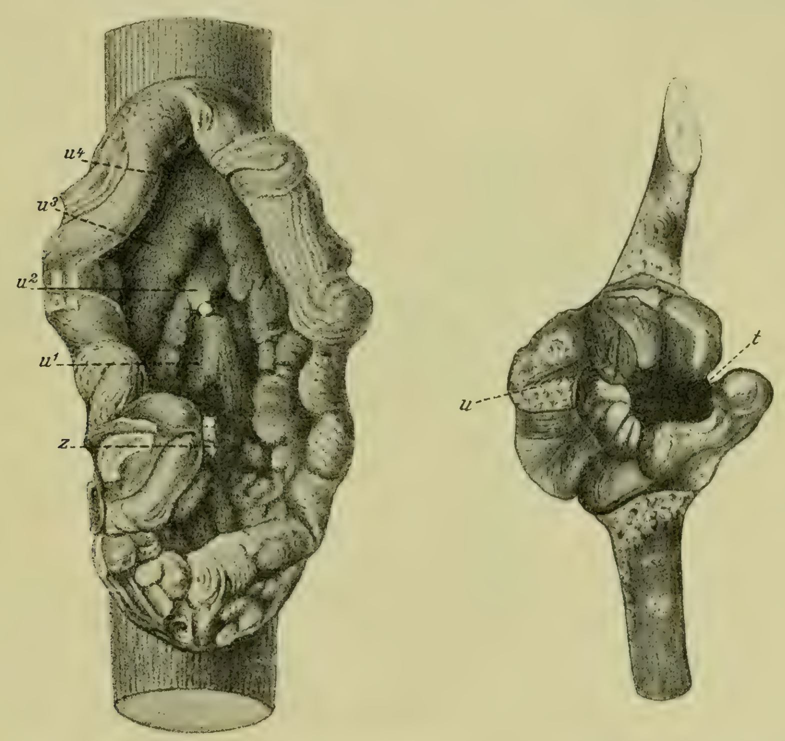


Fig. 133. Offener Apfelkrebs. (Orig.) Fig. 134. Geschlossener Apfelkrebs. (Orig.)

Umfange von der Krebswucherung erfafst wird und abstirbt. Solche Stellen mit offenliegender, immer breiter werdender Wundfläche bezeichnet man als offenen Krebs.

Die nach aufsen hin zunehmende Dicke der Überwallungsränder erklärt sich dadurch, dafs das von oben herabkommende plastische Material des noch lebenden belaubten Zweiges in jedem folgenden Jahre durch das Zurücktreten des Überwallungsrandes sich auf einen kleineren Teil des Zweig- oder Stammumfanges zu verteilen hat und demgemäfs die immer kürzer werdende Cambiumzone mit relativ reichlicherer Nährstoffmenge zu Neubildungen versieht.

Der geschlossene Krebs (Fig. 134) stellt bei vollkommener Ausbildung annähernd eine kugelige, bisweilen den Zweigdurchmesser um

das Drei- bis Vierfache übersteigende, knotige, meist vollkommen berindete Holzwucherung dar (*u*), welche an ihrem Gipfel abgeflacht und im Zentrum der Gipfelfläche trichterförmig vertieft ist (*t*). Im Gegensatz zu dem offenen Krebs umfafst diese Geschwulst einen viel geringeren Teil der sie tragenden Achse, ersetzt aber die geringere Breitenausdehnung durch bedeutend gröfsere radiale Erhebung, also gröfsere Höhe.

An denselben Zweigen und Ästen, an denen Krebsgeschwülste auftreten, läfst sich häufig auch Brand konstatieren. Bei allen drei Arten von Verletzungen trifft man im Winter nicht selten in den abgestorbenen, zerklüfteten Wundrändern die leuchtend roten bis braunen, stumpfkegelförmigen oder auch ovalen Kapseln der *Nectria ditissima*.

Macht man einen Querschnitt durch die Geschwulst des geschlossenen Krebses, so zeigt sich ungefähr folgendes Bild. Wir sehen (Fig. 135)

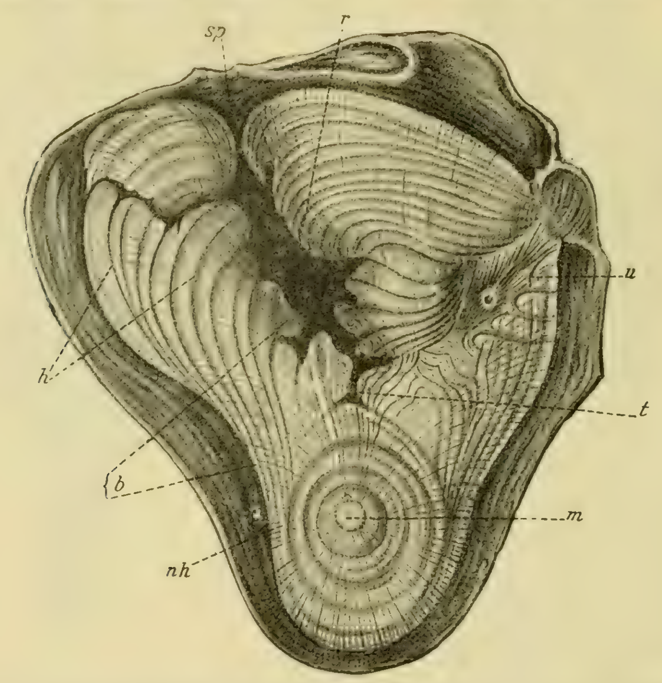


Fig. 135. Querschnitt durch einen Apfelzweig mit einem Knoten des „geschlossenen Krebses". (Orig.)

die ganze grofse Anschwellung radial in zwei Gruppen zerklüftet durch einen Spalt (*sp*) mit wulstigen Rändern, der die innere Fortsetzung der äufserlich erkennbaren, trichterförmigen Vertiefung am abgeflachten Gipfel der Krebsgeschwulst bildet (Fig. 134 und 135, *t*). Am Grunde des Spaltes liegt meist eine braune, mehlartige oder kittartige Masse, die sich als aus humifizierten Zellresten bestehend erweist. Die Ränder (*r*) des Spaltes sind ebenfalls stark gebräunt; sie werden durch braunwandige, mit totem, braunem Inhalt versehene, parenchymatisch gestaltete, derbwandige, poröse Zellen gebildet. Je weiter man von diesen im Absterben begriffenen Spalträndern rückwärts nach dem gesunden Teile des Stammumfanges hin fortschreitet, desto mehr verliert sich die braune Färbung. Das Gewebe wird weifs; es ist aus Parenchymholz gebildet, das aufser-

ordentlich viel Stärke besitzt. Allmählich treten Gruppen stark lichtbrechender Zellen in diesen Parenchymholzmassen auf; dies sind bereits deutlich langgestreckte, dickwandige Holzzellen, die bisweilen vereinzelt oder in kleinen Gruppen, anscheinend unregelmäfsig verstreut im parenchymatischen Holze erscheinen (Fig. 135, *h*; vergl. den in Fig. 132 dargestellten Querschnitt durch einen künstlich erzeugten Frostrifs am Apfelzweige). Mit dem Auftreten der ersten Holzzellen parallel geht das Erscheinen der Hartbastzellen (Fig. 132, *hb*) in der Rinde. Diese prosenchymatischen Elemente in dem aus Parenchymholz gebildeten Wundrande sind die ersten Anfänge normaler Jahresringbildung und laufen von dem Wundrande aus nach rückwärts immer näher zusammen, bis sie sich in einem normalen Jahresringe auf der gesunden Seite vereinigt haben. Wenn wir von der normalen Jahresringzone der gesunden Stammseite ausgehen, können wir diese Bildung so auffassen, als ob das prosenchymatische Gewebe eines gesunden Jahresringes (Fig. 135, *nh*) sich innerhalb der Krebsgeschwulst, die der Hauptmasse nach aus hier und da grofse Kristalle von oxalsaurem Kalk führendem, stärkereichem Parenchymholz besteht, in mehrere, fächerartig auseinandergehende Äste spaltet (Fig. 135, *h*). (Fächerung des Jahresringes.)

Die Wundränder selbst findet man nicht vereinigt, den Spalt also trotz seiner Enge niemals ganz verwachsen, da die äufseren, den Spalt begrenzenden Zellen immer wieder absterben.

Im Verhältnis zu der ungemein üppigen Neubildung ist die Masse der absterbenden Zellen bei dem „geschlossenen Krebs“ eine sehr geringe; daher bildet hier die tote Stelle immer nur einen engen, gewundenen Spalt, während bei dem „offenen Krebs“ das ursprünglich getötete Gewebe eine derartig breite Fläche darstellt und das Absterben der Wundränder ein so weitgreifendes ist, dafs nicht nur die gleich anfangs abgestorbene Holzfläche ungedeckt bleibt, sondern auch jeder Überwallungsrand durch den folgenden nicht mehr vollkommen gedeckt wird.

Die charakteristische Fächerung bzw. Spaltung eines Jahresringes (Fig. 135, *nh*, *h*) innerhalb der holzparenchymatischen Wucherränder ist bei dem offenen Krebs minder deutlich und kann in dem Falle völlig verschwinden, dafs der ganze, gesund gebliebene Achsenteil in der Höhe der Krebswunde an der exorbitanten Verdickung teilnimmt, also eine einseitige Hypertrophie der Achse ausschliefst.

Einen Beweis für die Weichheit des Gewebes der Krebsgeschwulst gibt die Trockensubstanzbestimmung von normalem und krebskrankem Wundholz bei Kirsche. Das normale Holz zeigte 66,9 % Trockensubstanz, das darüberstehende Krebsholz nur 45,1 %.

Aus dem Umstande, dafs die Krebsgeschwulst häufig die Dicke des sie tragenden zwei- bis dreijährigen Zweiges bedeutend übertrifft, ist zu schliefsen, dafs die Geschwulst, die auf einem diesjährigen, noch grünen Triebe nie zu finden ist, also erst im verholzten Zweige ihren Anfang nimmt, sehr schnell wachsen mufs. Bei dieser schnellen Entwicklung des Gewebes ist es nicht zu verwundern, dafs die Schwankungen zwischen trüber, feuchter Witterung und Trockenperioden dadurch zum Ausdruck kommen, dafs innerhalb eines Sommers abwechselnd Zonen von dünnwandigem und dickwandigem Holz in der Krebswucherung entstehen. Dies sieht man, wenn man in Fig. 135 vom Mark *m* ausgehend die dunklere Zonung verfolgt, welche den derbwandigen Holzelementen entspricht und in dem normalen Achsenteile das Herbstholz

gegenüber dem reichlicheren Frühjahrsholz, innerhalb der Krebsgeschwulst aber überhaupt Prosenchym gegenüber dem Parenchymholz andeutet. Die Figur zeigt, wie die letztgebildeten, dunklen Ringe im gesunden Teile nach dem kranken hin sich fächerartig teilen. *u* bedeutet einen schräg angeschnittenen, abgestorbenen Ast.

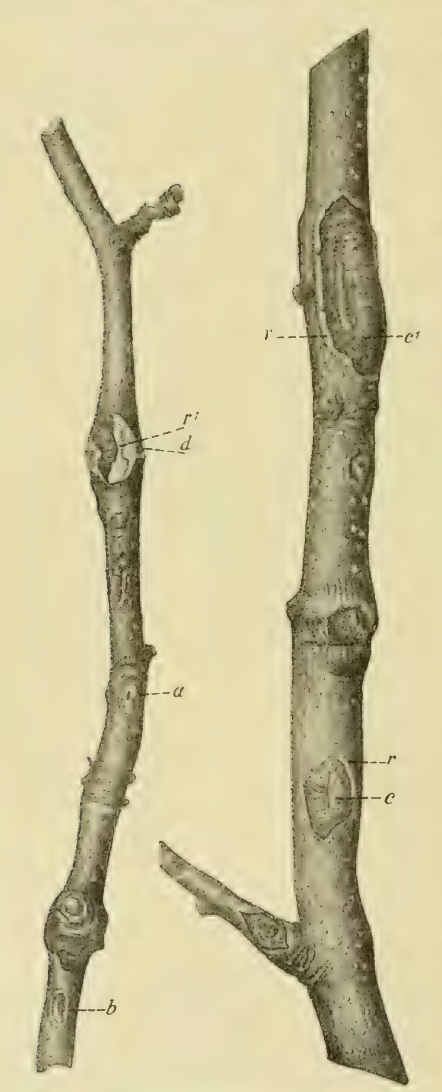


Fig. 136. Jugendzustände des Apfelkrebses. (Orig.)

Diese Üppigkeit des Wachstums, welche sich durch Bildung der gefächerten Krebsgeschwulst kundgibt, darf aber durchaus nicht zu dem Schlusse führen, dafs das Wachstum des ganzen Baumes stets ein üppiges sei; man findet im Gegenteil bei mageren, schmachtenden Bäumen an gewissen Örtlichkeiten ein regelmäfsiges Auftreten von Krebsknoten.

Die krebsigen und auch brandigen Bäume zeigen meistens eine sehr üppige Flechtenvegetation. An der zentralen Haftstelle eines solchen Flechtenpolsters läfst sich oft konstatieren, dafs die Korklagen des Zweiges schief aufgeblättert sind und die Thallusstränge sich dazwischen geschoben haben. Ja, ich konnte Fälle beobachten, in denen der Flechtenthallus die ganze schützende Korklage eines Zweiges durchsetzte und auf den teilweise noch Chlorophyll führenden, collenchymatischen Rindenzellen angelangt war. So schadlos also, als man im allgemeinen die gelben und grauen Flechtenkolonien erklärt, dürften dieselben nicht sein. Wie sehr aber die Ausbreitung der Flechten von einer uns noch unbekannten Beschaffenheit des Baumes (wahrscheinlich einer gröfseren Weichheit, Lockerheit und Rissigkeit der Rinde) abhängt, beweist eine Beobachtung an veredelten, älteren Stämmen von *Fraxinus*. Die etwa 1 bis 1½ m hohe Unterlage erschien nur sparsam mit Flechtenpolstern bekleidet, während der aufgesetzte Edelstamm, der bisweilen schon eine 12—15 jährige Krone trug, mit Flechtenvegetation dicht überzogen war. Krebsstellen an alten Eschen auf nassem Boden sind in der Regel mit Flechtenpolstern überdeckt.

Betreffs der Jugendzustände der Krebsstellen ist bei den Frostrissen bereits erwähnt worden, dafs ich derartige kleine Rifswunden für die Ausgangspunkte der Krebswucherungen halte. In nebenstehender

Figur gebe ich die Abbildung zweier Zweige in natürlicher Gröfse, wie ich sie an einem krebskranken Apfelbaum gefunden habe. Bei Fig. 136, *a* findet sich eine ovale, eingesunkene Rindenstelle in der Nähe eines Auges. Der seit der Verletzung stattgehabte Zuwachs hat die Spannung an der toten Stelle so vermehrt, dafs in der Mitte derselben sich ein Sprung in der aufgetrockneten Rinde eingestellt hat. Bei *b* sehen wir ein etwas fortgeschritteneres Stadium; die tote Rinde in der Mitte der Wunde wird bereits durch seitlich hervorgetretene und schon miteinander verschmolzene Überwallungsränder emporgehoben. Die in Fig. 136, *c* und c^1 bezeichneten Stellen weisen nun schon stark hervortretende Höcker mit gleichmäfsiger neuer Rindenbekleidung auf; *r* sind die trockenen, schorfartig etwas vorspringenden Ränder der primären Zweigrinde, welche durch den Frost auseinandergeborsten war. Hier sind die Stellen nicht in der unmittelbaren Nähe des Auges; *c* ist mitten im Internodium und c^1 auf der entgegengesetzten Seite eines Auges. Bei Fig. 136, *d* hat die Wunde das Gewebe rings um ein Auge erfafst. Das Auge ist gestorben und die Umgebung eingesunken.

Die Wundfläche ist hier sehr grofs; die Rinde r^1, unter welche Luft eingetreten, ist mit der gesunden Umgebung noch im Zusammenhang, und die Neuproduktion an der Grenze der toten Stelle hat eine Verbreiterung des Zweiges hervorgerufen, wie sie bei Brandwunden sehr häufig ist.

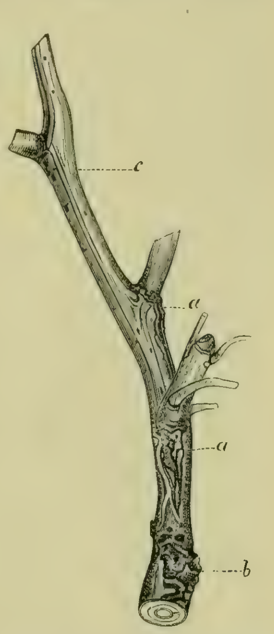


Fig. 137. Bevorzugung der Zweigbasen seitens des Frostes. (Orig.)

Die Abbildungen des offenen sowohl als des geschlossenen Apfelkrebses zeigen, dafs die Gegend der Achse, in welcher Augen oder jugendliche Zweige sitzen, zur Krebsbildung bevorzugt wird. Eine solche Bevorzugung der Region unterhalb eines kurzen Zweigchens zeigt die Abbildung des nebenstehenden Birnenästchens (Fig. 137). Unmittelbar unter dem kurzen Zweigchen bei *a* sehen wir einen tiefen, bereits überwallten Frostrifs; bei *b*, der Gegend des sogenannten Astringes mit seinen kurzen Internodien und vielen schwachen Augen ist die Rinde durch viele kleine Sprünge zerklüftet und schuppenförmig aufgetrocknet. Gerade der jüngere obere Teil *c* des Zweiges ist aber gesund geblieben. Bei solchen Rindenspalten findet man die stärksten Überwallungsränder, die manchmal einen einzigen, geschlossenen, mit gleichmäfsiger Rinde bekleideten Buckel, oft aber zwei einander berührende lippenförmige, meist der Länge nach verlaufende Auftreibungen darstellen. Derartige Wundränder erscheinen bisweilen faltig nach der gewundenen Mittelspalte, dem ehemaligen Rindenrisse, hin abfallend und ahmen dann die Krebswunde nach. Aber nicht immer stellen die Rindenrisse Längsspalten dar, und demgemäfs ist dann die Überwallung auch nicht in Form von zwei wulstig aufgeworfenen Lippen anzutreffen, sondern mehr als knollige, kugelige Erhebung mit kraterförmiger, zentraler Vertiefung. An 9 mm dicken Zweigen fand ich bereits Krebsknoten von 13 mm Höhe und 35—45 mm Breite. Andere, ebenso

dicke, zweijährige Zweige zeigten aber auch bisweilen nur sehr schwache, schwielige, mit neuer Rinde versehene, gleichmäfsig geschlossene Auftreibungen, welche aus einem Spalt der alten Rinde hervorbrachen.

Die hier vorgeführten Studien stellen fest: Jede Krebsstelle zeigt als Anfangsstadium eine Wunde, welche als schmaler radialer Rifs bis auf das Cambium geht und dasselbe in geringer Ausdehnung zu beiden Seiten des radialen Risses abtötet. Diese Wunde mufs kurz vor oder zu einer Zeit entstanden sein, in welcher der Baum seine höchste vegetative Tätigkeit in der Achse entfaltet, da die Wundfläche sofort durch äufserst üppige Überwallungsränder zu decken gesucht wird. Die Üppigkeit der Überwallungswülste gibt sich dadurch kund, dafs, namentlich bei der geschlossenen Krebsform, eine Fächerung des Jahresringes, der vorzugsweise an seinen Randpartien aus Parenchymholz besteht, einzutreten pflegt. Dieser gelockerte Bau macht die Wundränder äufserst hinfällig, so dafs sie schädlichen Eingriffen mit Leichtigkeit erliegen.

Als Ursache dieser Erkrankungsformen müssen wir den Frost ansehen, weil es gelungen ist, durch Einwirkung künstlicher Fröste solche Anfangsstadien zu erzeugen, wie sie bei den Krebswunden gefunden werden.

Eine Anzahl sehr zuverlässiger Beobachter hat andererseits aber festgestellt, dafs man durch Impfung eines Kapselpilzes, *Nectria ditissima*, Wunden zu erzeugen imstande ist [1]), welche den Formen des offenen Apfelkrebses vollkommen gleichen. Diese Angaben kann ich durch eigene Versuche bestätigen. Man hat wohl ein Recht, von einem Pilzkrebs zu sprechen, aber der genannte Parasit ist nicht imstande, eine unverletzte Achse anzugreifen; er vermag nur dann zerstörend weiter sich auszubreiten, wenn er in eine Rindenwunde gebracht wird. Darin stimmen sämtliche Impfversuche überein. Andererseits trifft man dieselbe Nectria auf Apfelbäumen, auf Buchen und anderen Laubholzarten an, ohne dafs der Pilz irgendwelche krebsige Wucherungen veranlafst. Als spezifischer Erreger von Krebsgeschwülsten kann er daher nicht bezeichnet werden, sondern wird nur gelegentlich dazu Veranlassung geben, wenn ganz bestimmte Nebenumstände gleichzeitig mitwirken. Aufser dem Vorhandensein einer frischen Wundfläche ist es die spezifische Eigenart der Baumspezies bzw. der Kultursorte, welche die Fähigkeit besitzen mufs, mit schnell sich ausbildenden Überwallungen von grofser Üppigkeit auf den Wundreiz zu antworten.

Diese Fähigkeit ist so typisch, dafs man in der Praxis von „krebssüchtigen Sorten“ spricht. Aufserdem hat die Erfahrung aber auch gewisse Lagen und Bodenarten kennen gelehrt, in denen die Bäume leicht krebsig werden. Es sind dies sogenannte Frostlagen, eine moorige Bodenbeschaffenheit, undurchlässiger Untergrund usw.

Dies sind feststehende Tatsachen. Wenn man nun im Auge behält, dafs die *Nectria ditissima* unbedingt eine Wunde zur Ansiedlung braucht, so mufs man fragen, woher denn die Wunden kommen. Nach den Beobachtungen im Freien und den Ergebnissen der künstlichen Erfrierungsversuche mufs man zu der Überzeugung gelangen, dafs die häufigste Gelegenheit die Frostbeschädigungen liefern werden. Für

[1]) s. Literatur im zweiten Bande dieses Handbuchs, S. 209.

den Birnenkrebs steht PAPAROZZI auf demselben Standpunkt [1]). Sind die Frostwunden flächenartig ausgebreitet, wie wir sie später bei dem „Brand“ kennen lernen werden, so siedelt sich die Nectria an, ohne daſs der Baum üppige Überwallungsränder bildet. Wenn aber enge, bis auf das Cambium gehende Frostrisse entstehen, und die Nectria findet Eintritt in dieselben, dann antwortet der Baum, falls er durch Witterung, Standort oder Sortencharakter dazu befähigt ist, mit der Bildung von Krebswucherungen.

Demnach erscheint auch der Pilzkrebs im wesentlichen abhängig von den Frostbeschädigungen, und seine Bekämpfung oder Vermeidung wird übereinstimmend mit der Frostgefahr zu behandeln sein.

b) Astwurzelkrebs bei Obst- und Waldbäumen.

Als eine besondere Form des Krebses wird der „Astwurzelkrebs“ genannt, der bei Wald- und Obstbäumen eine häufige Erscheinung ist. Er besteht darin, daſs Zweige und Äste an ihrer Basis Frostwunden zeigen, welche in die Gruppe der offenen Krebse gehören und aus verschieden groſsen, schwarzen, toten Holzflächen mit üppigen, unregelmäſsigen Überwallungsrändern gebildet werden. Gerade der Astwinkel ist bei manchen Baumarten besonders heimgesucht, und bei den sogenannten „Zwieseln“ oder Gabelungen, bei denen also der Unterschied zwischen Haupt- und Nebenachse verschwindet und zwei gleich starke Äste von einem Punkte aus abgehen, zieht sich die entblöſste und geschwärzte Holzstelle meist an beiden Seiten in die Höhe, und der Überwallungsrand wird demgemäſs durch das Material beider Äste gebildet (s. Fig. 138). Abgesehen von den empfindlicheren, eingeführten Hölzern sind nach NÖRDLINGER [2]) auch unsere einheimischen Waldbäume den Astwurzelschäden ausgesetzt, namentlich in der Jugend. So z. B. die Buche in schattigen Lagen und schlechten Böden, wobei sich übrigens sehr häufig auch die von den Astwurzeln entfernten Internodien mit Frostplatten bedecken; auch die jährigen Ausschläge der Eichen auf mageren Bodenarten leiden, und bei Eschen zeigt sich die Beschädigung, wenn die Bäume in Einsenkungen mit strengem Tonboden stehen. In solchen nassen Lagen sah ich die Überwallung auſserordentlich üppig, aber durch dicke, rissige, mit Flechten überzogene Borke bis zur Unkenntlichkeit verdeckt.



Fig. 138. Astwurzelkrebs.

Entgegengesetzt der von HARTIG vertretenen Ansicht, daſs der Astwurzelkrebs durch Frühlingsfröste bedingt sei, meint NÖRDLINGER, daſs die Fröste im Vorwinter die Ursache wären. Er stützt sich dabei auf die Untersuchung der Holzringe und auf den Umstand, daſs der Astwurzelkrebs in Tausenden von Fällen hoch in der Krone und in

[1]) PAPAROZZI, G., Il cancro del pero. Roma, Offizina poligrafica; cit. Bot. Centralbl. 1904, Bd. XXVIII, S. 94.

[2]) Die Septemberfröste 1877 und der Astwurzelschaden (Astwurzelkrebs) an Bäumen. Centralbl. f. das ges. Forstwesen. Wien 1878, Heft 10.

schattigen, also den Frühjahrsfrösten weniger unterworfenen Lagen so häufig ist.

Dafs die Astbasen ganz besonders frostempfindlich sind, erklärt sich aus dem Umstande, dafs wegen der dort ursprünglich angelegten gröfseren Anzahl von Knospen mehr parenchymatische den Holzring durchquerende Markbrücken vorhanden sind. Das parenchymatische Holz ist aber weicher und stärkereicher. Diesem Umstande ist auch zuzuschreiben, dafs Borkenkäfer sich gern an Astwurzeln ansiedeln, und dafs Waldmäuse, wie Nördlinger angibt, bei Pappelabsprüngen (*Populus monilifera*) häufig nur die Basis der Seitenzweige befressen. Der Frost, auch der Frühjahrsfrost, tötet also am leichtesten die Zweigbasen.

Bei alten, schwachwüchsigen Stämmen vermindert sich die Üppigkeit des Überwallungsrandes bedeutend, und sie kann in der Weise herabsinken, dafs wir überhaupt nur schmalringige, langsam unter die tote Rinde sich hinschiebende Überwallungsränder des Brandes erhalten, mit dem der Astwurzelschaden als offener Krebs darin übereinstimmt, dafs die erste Anlage kein Spalt, sondern eine einsinkende, auftrocknende, tote Rindenfläche ist. Daher der bei manchen Praktikern geläufige Ausdruck „Zwieselbrand“.

c) Der Kirschenkrebs.

An Süfskirschen zeigen sich meist halbseitig tonnenförmige Auftreibungen der Zweige oder älteren Äste. Die Rückseite der oft mehr als faustdicken Anschwellungen erscheint nicht selten brandig eingesunken, wobei die tote Rinde von dem geschwärzten Holzkörper abgeplatzt und teilweise abgeblättert ist, teils aber auch in gröfseren Platten mit aufwärts gerollten Rändern noch festsitzt (s. Fig. 139).

Die tonnenförmige Zweiggeschwulst stellt sich als eine abnorme Ausbildung von Überwallungsrändern (*u* und *u'*) einer sich nicht gänzlich schliefsenden Wunde (*sp*) dar, wie dies bei dem „geschlossenen Äpfelkrebs“ ebenfalls gefunden wird. Bei diesem ist aber das Überwallungsgewebe eine plötzliche, in ungemeiner Üppigkeit auftretende Erweiterung des Jahresringes, während bei der Kirsche die Anschwellung der normalen Zweigseite zum wuchernden Überwallungsrande einen allmählichen Übergang erkennen läfst. Daher stellt sich der geschlossene Apfelkrebs als Knoten, der vollkommen ausgebildete Kirschenkrebs als sanft ansteigende tonnenförmige Verdickung dar. Neben dieser typischen Form findet man die verschiedenen Übergänge einerseits bis zum geschlossenen Krebsknoten, andererseits bis zu den Flachwunden, welche als Brand von uns bezeichnet werden.

Bei älteren Zweigen krebskranker Bäume erkennt man bisweilen an ihrer Basis kegelförmige Anschwellungen, die alle Übergangsformen bis zur typischen Krebsgeschwulst bieten können. Die Anfangsstadien zeigen sich an einer Zweigseite in Form einer kleinen Frostwunde am ersten Jahresringe. Was hier besonders hervorgehoben zu werden verdient, ist, dafs man das enorme Überwallungsgewebe oft von einer Markbrücke aus sich entwickeln sieht. Dies weist also auf eine direkte Beschädigung einer Knospe hin. Die Ausbildung der Überwallungsränder setzt sich in den nächsten Jahren fort, wobei stets nur Parenchymholz angelegt wird, in welchem sich schnell und reichlich Stärke ablagert. Wenn die Krebsgeschwulst einen gröfseren Umfang

erreicht hat, stirbt in der Regel oberhalb derselben der Ast ab, wobei stromabildende Pilze (meist aus der Familie der Valseen), die in Form kleiner Wärzchen hervortreten, reichlich mitwirken.

Wenn man jugendliche (ein- und zweijährige) Zweige krebskranker Bäume durchmustert, findet man brandartige, oft mehrere Centimeter lange Stellen, an denen statt der einzelnen Augen lippige Überwallungen sich zeigen, während an den darüber und darunter befindlichen Zweigteilen die Augen sich zu kurzen Trieben entwickelt haben. Daraus geht hervor, dafs die Beschädigung des Zweiges vor dem Austreiben der Augen erfolgt sein mufs.

Da man aber in dem Jahre, in welchem der Zweig gebildet wird, keinerlei Beschädigung wahrnehmen kann, solche jedoch im nächsten Frühjahr gefunden wird, so mufs sie im Winter oder Frühjahrsanfang entstanden sein. Es ist also das Nächstliegende, zu vermuten, dafs das sich zum Austreiben öffnende Auge vom Froste getötet wird und nun das gehäufte plastische Material zur Bildung wuchernder Wundränder Verwendung findet. Da das Gewebe dieser Überwallungsränder parenchymatisch weich bleibt und fast stets vollgepfropft mit Stärke gefunden wird, so ist es erklärlich, dafs es im folgenden Winter der Frostbeschädigung an seinen Rändern sehr leicht erliegt und aus den gesund bleibenden tiefer liegenden Zonen neue Wucherungen produziert.



Fig. 139. Kirschenkrebs. Frostspalt mit Überwallungsrändern in Längsansicht und Querschnitt. (Orig.)

Der ganze Vorgang wird bei Betrachtung der Querschnittfläche von Fig. 139 deutlich. Man bemerkt hier, dafs die Zerklüftung der Achse in kurzer Entfernung vom Markkörper (*m*), und zwar im zweiten Jahresringe begonnen hat. Der dritte Jahresring hat schon üppige Überwallungsränder *(f)* geliefert, die im folgenden Jahre wiederum zerklüftet sind (*sp'*). Diese sekundären Spalten veranlassen sekundäre Überwallungen *(f')*. Die tonnenförmige Krebsanschwellung aber wird hauptsächlich durch die wuchernden Wundränder des Hauptspaltes geliefert, die in fächerförmiger Zonung *(k)* auftreten. Es teilt sich somit ein Jahresring innerhalb der Krebsgeschwulst in mehrere, wie bei dem geschlossenen Apfelkrebs. Dementsprechend wuchert auch der Rindenkörper (*r*) und bildet stellenweise dicke Borkenschuppen aus.

Wie bei allen Krebserkrankungen, findet man auch bei dem Kirschenkrebs mitten in grofsen Pflanzungen nur einzelne Individuen erkrankt. Bei diesen krebssüchtigen Exemplaren fand ich in gesunden Trieben vielfach abnorm verbreiterte Markstrahlen, eine Erscheinung, die auch bei

anderen Baumarten zu beobachten ist. Ich habe daher die Vermutung, dafs die Anlage zur Krebssüchtigkeit in der individuellen Neigung zu Markstrahlerweiterungen zu suchen ist.



Fig. 140. Krebswucherungen an der Weinrebe.

d) Der Krebs (Grind) des Weinstockes.

An älterem Rebholze sieht man in der Nähe des Erdbodens, ungefähr 10 bis 50 cm von der Bodenebene entfernt, einzelne kleine, kugelige oder grofse, tonnenförmige Holzauftreibungen von perlartig unregelmäfsiger Oberfläche aus der der Länge nach faserig zerschlitzenden Rinde hervortreten. Fig. 140 zeigt zwischen den weifs gezeichneten Rindenstreifen die perlartigen Krebsgeschwülste. Bei kleinen, isolierten Wucherungen erkennt man deutlich, nach GÖTHE's Untersuchungen [1]), ihre Entstehung als Überwallungsgewebe von längsverlaufenden Holzspalten. Es erscheinen die Spalten an der Grenze eines Jahresringes, so dafs daraus geschlossen werden mufs, sie seien zur Zeit der beginnenden Bildung des neuen Jahresringes durch stellenweises Abtöten der Cambiumzone im Frühjahr entstanden. Betreffs der Entstehung der Wucherungen habe ich einige abweichende eigene Beobachtungen bei der folgenden Krankheit, dem Spiraeenkrebs, niedergelegt.

Die Beschädigung, welche das Cambium getötet, hat auch den alten Holzkörper in einem gröfseren Kreisausschnitt tief gebräunt. Die von den gesunden Stellen her eingeleitete Überwallung, welche die Spalten manchmal schnell schliefst, zeichnet sich durch wuchernde Üppigkeit des Holz- und Rindenkörpers aus. Die sich gegeneinander vorwölbenden Holzränder bestehen aus weichem, gefäfslosem Parenchymholz ohne eigentliche prosenchymatische Elemente, zeigen also den charakteristischen Bau des wuchernden Wundholzes. Wenn die Überwallungsränder sich zu einem zusammenhängenden Jahresringe wieder vereinigt haben, wächst derselbe in der Weise weiter, dafs er sich auch wieder durch Markstrahlen fächert, und zwar bilden diese Markstrahlen in ihrer Richtung die Fortsetzung derjenigen des

[1]) Mitteilungen über den schwarzen Brenner und den Grind der Reben. Berlin und Leipzig, H. Voigt, 1878, S. 28 ff.

vorjährigen Holzes; dasselbe hat also durch das braune, getötete Gewebe nur eine vorübergehende Unterbrechung erlitten.

Nie zeigen sich die beschriebenen Störungen und Gewebewucherungen am diesjährigen Holze.

Das perlartige Hervortreten der Gewebebuckel, welche durch ihre grofse radiale Ausdehnung die alte Rinde sprengen, erklärt sich nach GÖTHE durch ein vollständiges „übereinander Hineinwachsen“ der Überwallungswülste, die am üppigsten an denjenigen Rebstellen sich vorfinden, welche etwa 30 cm von der Bodenoberfläche entfernt liegen. Von da ab sieht man in der Regel sowohl nach oben als nach der Erde zu die Geschwülste an Zahl und Ausdehnung abnehmen, und ganz dicht am Boden sowie etwa bei 1 m Entfernung von demselben sind sie nur noch selten zu finden. Bei geringer Entwicklung der Krankheitserscheinung vegetieren die befallenen Schenkel noch mehrere Jahre und können auch noch Tragholz produzieren. Bei stärkerer Entwicklung der Krebsgeschwülste stirbt das Holz oberhalb derselben ab.

Wie schnell die Krebsgeschwulst entsteht, zeigt der Umstand, dafs man einmal am 8. August Stöcke gefunden hat, bei denen das Veredlungsband 3/4 cm tief in der Gewebewucherung eingebettet lag. Es kann also die ganze, 2,5 cm Höhe besitzende Krebsgeschwulst erst nach der Veredlungszeit (im Mai) entstanden sein, da man nicht annehmen kann, dafs man ein Edelreis auf eine schon erkrankte Rebe gebracht haben wird.

Dafs die Beschädigungen des Cambiumringes im Frühjahr stattfinden, hat GÖTHE durch folgenden Versuch bewiesen. Im April, bei Gelegenheit des Rebschnittes wurden 12 kräftige Tragreben je zwischen zwei Knoten mit einem stumpfen Eisen derartig geklopft, dafs eine Verletzung der Cambiumschicht angenommen werden konnte. Sodann wurden Glasröhren über die beschädigten Stellen geschoben und die Öffnungen verstopft. Schon am 8. Juni konnten die ersten Spuren der Anschwellungen konstatiert werden, während an den spezifisch grindkranken Reben die Gewebewucherungen erst am 20. Juni erschienen. Bis zum Herbst hin fanden sich in den Glasröhren vollkommen normale Grinderscheinungen ein, die auch denselben anatomischen Bau wie die natürlich gebildeten Wucherränder zeigten.

Als Ursache dieser Wucherungen im Freien ist der Frost im Frühjahr anzusehen. Es sprechen dafür die meisten Literaturangaben, welche ein Auftreten des Weinkrebses nach Frühjahrsfrösten konstatieren. GÖTHE citiert: v. BABO, Weinbau, S. 305; DORNFELD, Weinbauschule, S. 129; KÖHLER, Der Weinstock und der Wein, S. 205: DU BREUIL, Les Vignobles. Ferner spricht für diese Annahme die Erfahrung, dafs der Weinkrebs nur in den sogenannten Frostlagen auftritt. GÖTHE führt in dieser Beziehung ein Beispiel von einer Weinpflanzung an, die an einem kleinen Abhange begann, sich durch eine Mulde hinzog und an einem gegenüberliegenden Abhange sich wieder emporhob. An beiden Abhängen standen die Reben gesund, während sie in der Mulde vom Krebs befallen erschienen. Bei einer weiteren Prüfung sah der Beobachter auch noch an 20 anderen Rebstöcken, die in Bodentiefen standen, dafs Erkrankung aufgetreten war.

Die Tatsache, dafs der Weinkrebs in bestimmter Höhe an der Rebe erscheint, erklärt sich durch die verschieden grofsen Differenzen zwischen Wärmemaximum und -minimum, denen die Rebe in ihren verschiedenen Höhen zur Zeit der Frühjahrsfröste vielfach ausgesetzt ist.

Bodenentwässerung dürfte sich als das wirksamste Mittel erweisen. Günstige Resultate davon meldet bereits Köhler in seinem vorerwähnten Werke. Daneben wird man vorzugsweise auf die Anpflanzung härterer Sorten Bedacht zu nehmen haben und namentlich richtige Weinlagen (mäfsig feuchte, lockere und warme Bodenlagen) zur Anpflanzung auswählen müssen.

Dafs der Grind auch ohne Frostwirkung, lediglich durch Stauung des plastischen Materials entstehen kann, wie Blankenhorn und Mühlhäuser infolge eines zu kurzen Schnittes beobachtet haben wollen (s. Würzburger Weinbaukongreſs) ist nicht unglaublich. Sicher ist, dafs die in Form von Markstrahlwucherungen sich zeigenden Anfänge der Geschwülste an Reben auftreten können, bei denen im Frühjahr eine stellenweise Abhebung der Rinde vom vorjährigen Holz stattgefunden hat. Solche krebsartigen Wucherungen mögen, wie gesagt, ohne Frostbeschädigung sich ausbilden können, ebenso wie man bei üppigen Kernobstsorten krebsartig wuchernde Überwallungsränder findet; allein es fehlt in diesen Fällen die tiefgehende Bräunung des Holzkörpers.

c) Krebs an Spiraea.

Eine von anderer Seite noch nicht beschriebene, mit dem Weinkrebs grofse Verwandtschaft zeigende Krankheitserscheinung existiert an den Stengelbasen von *Spiraea opulifolia*. Die Krankheit scheint nur in Gegenden mit sehr kalten Wintern häufiger vorzukommen; mein Beobachtungsmaterial stammte aus Ostpreufsen.

Älteres, mindestens zweijähriges Holz mit starken Jahresringen zeigt an der Basis aufserordentlich zahlreiche, isolierte oder perlartig aneinandergereihte oder auch gehäufte, weiche, halbkugelige Holzanschwellungen (Fig. 141 *A*, *k*, *kk*), deren Gröfse von wenigen Millimetern bis zu 1,5 und 2 cm Durchmesser schwankt. Die Anschwellungen sind gebräunt, dunkler als die von ihnen durchbrochenen, flatternd sich ablösenden, äufseren Rindenlagen, manchmal zerklüftet oder in der Mitte trichterförmig vertieft und mit grob chagrinierter, rissiger Oberfläche versehen. Eine Rindenlage ist nicht abhebbar, da die Substanz der Geschwulst bröckelig ist und in Stücken leicht ausbricht.

Bei dem Zerschneiden einer gröfseren Geschwulst oder, wie man mit aller Berechtigung sagen kann, eines Krebsknotens, sieht man, dafs Lamellen festeren Gewebes fächerartig von einer mehr oder weniger breiten Basis ausstrahlen; jedoch sind die Lamellen weder durch die ganze Breite eines Krebsknotens gehend, noch auch scharf von dem zunderartig mürben, dunkleren Grundgewebe getrennt. Dieses selbst ist als eine nach der Peripherie hin immer weicher werdende, wuchernde Fortsetzung des letzten Jahresringes anzusehen.

In Fig. 141 *B*, welche den Querschnitt des Krebsknotens *k* von Fig. 141 *A* darstellt, bedeutet *m* den Markkörper, *a* den unverletzten Jahresring des ersten, *b* den gespaltenen des zweiten Jahres, *c* das zur Krebsgeschwulst *k* auswuchernde Holz des dritten Jahres; *i* sind die festeren Gewebeinseln und -streifen in der zunderartig mürben Grundsubstanz.

In den bisher zur Beobachtung gelangten Fällen erwies sich der Krebsknoten seiner Hauptmasse nach als die Produktion eines einzigen Jahres, und zwar als eine einseitige Holzwucherung über einer Stelle, welche schon im vorhergehenden Jahre eine keilförmig nach innen

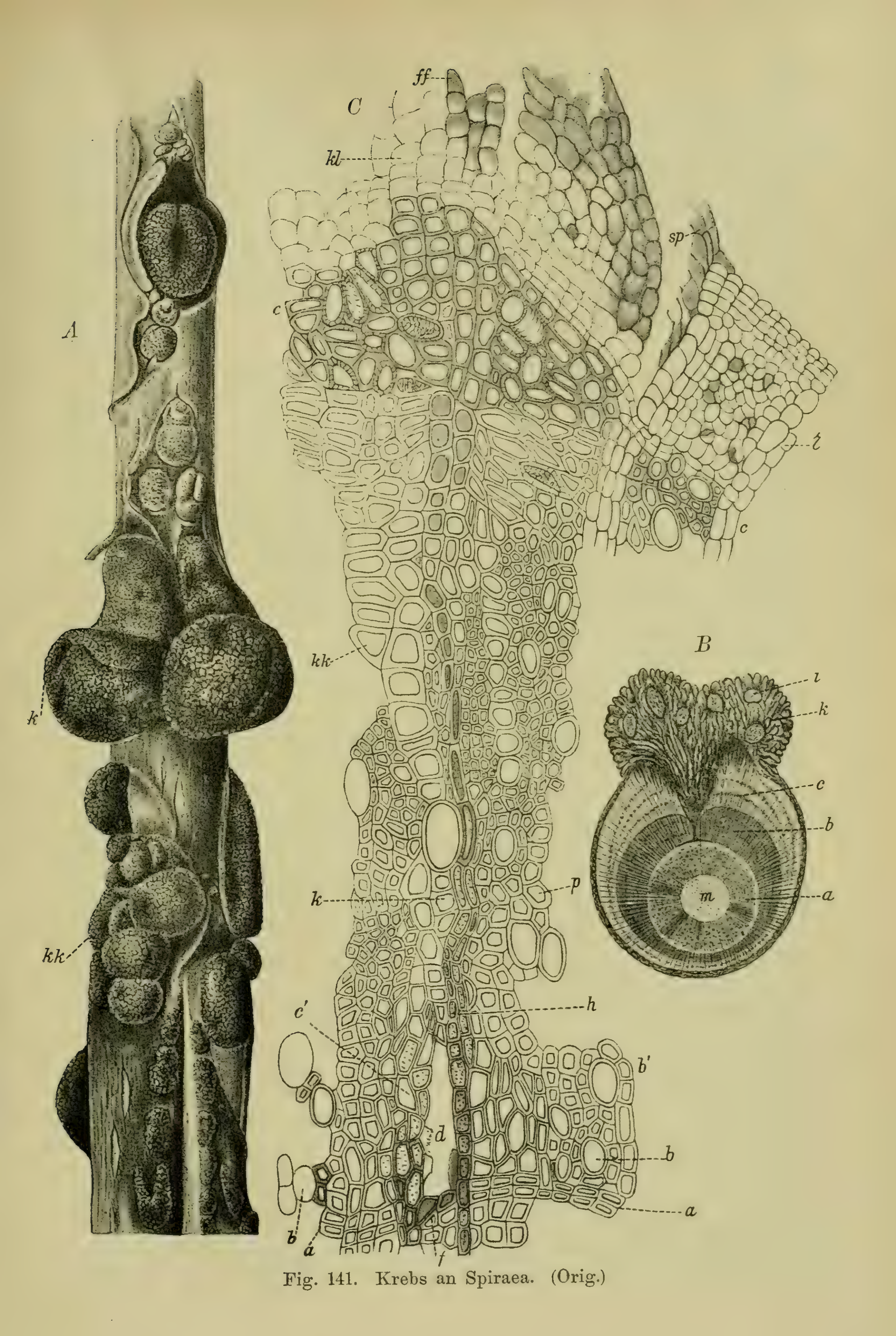


Fig. 141. Krebs an Spiraea. (Orig.)

zugespitzte Zone von gelockertem, parenchymatischem Holzgewebe gebildet hatte. Insofern gehören allerdings zwei Jahre zur vollkommenen Herstellung des Krebsknotens. Verfolgt man die erwähnte, keilförmige Zone des Vorjahres rückwärts, bis auf den vorhergehenden Jahresring, so sieht man, dafs sie ihren Ursprung von einer gebräunten, schmalen Stelle im ersten Frühlingsholze nimmt.

Das beigegebene anatomische Bild, Fig. 141 *C*, wird die Darstellung erleichtern. Die ganze Fig. *C* ist der radiale Ausschnitt aus dem zweiten Jahresringe eines Spiraeastengels und enthält die die eigentliche Krebsgeschwulst vorbereitende Gewebezone. Die Linie *f* bis *ff* stellt den Streifen veränderten Gewebes dar, welcher bei seiner Weiterentwicklung im folgenden Jahre zum vollkommenen Krebsknoten geworden wäre. Das Gewebe unterhalb *a* deutet das Herbstholz des ersten Jahresringes an. Im Holzkörper dieses ersten Jahresringes ist nie eine Störung beobachtet worden, gradeso wie bei dem Weinkrebs der erste Jahresring ebenfalls ganz normal gebaut ist. Das Holz des zweiten Jahresringes *b* fing zunächst auch mit normaler Entwicklung an und setzte sich in derselben Weise bis *b'* fort.

Zu dieser Zeit kam eine Störung, welche den Spalt *d* erzeugte und dessen Ränder *c'* bräunte. Die Entstehungszeit dieses Spaltes mufs die der kräftigsten Neubildung gewesen sein; denn schon wenige Zellreihen später, bei *h*, sehen wir den Spalt geschlossen und den Jahresring unter Bildung von Gruppen normaler Prosenchymelemente *p* weiter wachsen. Nur eine einzige Zellreihe *k* bildet einen radialen Streifen aus kürzeren, weitlumigeren Holzzellen. Anstatt dafs nun mit dem Älterwerden des Jahresringes und dessen zunehmender Dicke sich der abnorme Holzstreifen verlieren sollte, nimmt derselbe an Breite zu, indem immer mehr Zellen an der veränderten Bauart teilnehmen *kk*. So schreitet die Störung bis zum Abschlufs des zweiten Jahresringes fort und beginnt in verstärktem Mafse in der Frühlingszone des dritten Jahresringes *c—c*.

Schon bei Abschlufs des zweiten Jahresringes sieht man den Streifen des Krebsanfanges als schwachen Hügel über die Peripherie des übrigen Holzringes hervorragen. Im Frühjahr des dritten Jahres ist die Neubildung an dieser Stelle eine so üppige, dafs der schnell anwachsende, durch eine ebenso wuchernde Rindenpartie *kl* verstärkte Krebsknoten die normale Rinde *r* durchbricht (bei *sp*) und nun als gleichsam fremdes Gebilde weiter wächst, um nach wenigen Wochen als fertiger 1—2 cm hoher Krebsknoten sein Wachstum zu beschliefsen.

Bei dem Weinkrebs zeigen sich ähnliche Bildungen. Nur habe ich bisher gefunden, dafs die zu Anfang des zweiten Jahres sich einstellende Störung, der Lücke *d* entsprechend, in einer breiteren, tangentialen Abhebung von ringförmiger Gestalt besteht. Es macht den Eindruck, als ob bei Beginn der Vegetationsperiode die Rinde vom Holzkörper auf eine gröfsere Strecke hin abgehoben worden sei. Meine vielfachen Versuche mit künstlichen Frösten zeigen, dafs dieser Vorgang tatsächlich eintreten kann und sogar bei den verschiedenen Gehölzen ziemlich häufig anzutreffen ist. Infolge dieser Abhebung entsteht bei dem Wein meist an der Stelle, wo bei Spiraea die schmale radiale Spalte sich befindet, eine tangentiale Lücke. Die abgehobene Rinde bildet zunächst Holzparenchym, und dieser weiche Holzkörper geht ganz allmählich im Laufe des folgenden Sommers in normales Holz über. Hier sind es aber einzelne der breiten Markstrahlen über

der abgehoben gewesenen Stelle, welche eine bevorzugte Entwicklung zeigen und am Ende des Jahres als weiche Gewebekappen vorspringen.

Bei Wein wie bei Spiraea müssen es also bei der Krebsbildung nicht notwendigerweise Überwallungsränder sein, wie dies bei dem Apfelkrebs stets der Fall ist; bei ersteren können vielmehr unverletzt erscheinende, allerdings durch eine frühere Störung veranlafste Gewebepolster eines parenchymatisch gewordenen Holzkörpers zu Krebsknoten sich ausbilden. Damit erklärt sich die von Blankenhorn über den Weinkrebs geäufserte Ansicht, dafs Stauung von plastischem Material (z. B. nach zu starkem Schnitt) die Krebsgeschwulst veranlassen kann.

Die Bildung der Krebsgeschwulst erleidet insofern manchmal eine Modifikation, als die schon im ersten Jahre der Vorbereitung entstandenen Krebspolster durch den Frost teilweise getötet werden; es leidet dann die zentrale, weichste Partie, die nun einen schwarzen, vertrockneten Kern darstellt. Im folgenden Frühjahr wachsen dann nur die Randpartien nach Art der Überwallungsränder wuchernd weiter und umkleiden einen Spalt, wie er in Fig. 141 *B* dargestellt ist. Es ist gesagt worden, dafs die Randpartien des angehenden Krebsknotens „nach Art“ der Überwallungsränder fortwachsen; wirkliche Überwallungsränder mit schneckenförmig übergebogenen Rändern sind nur selten zu finden (auch bei dem Weinkrebs).

Wie Fig. 141 *B* zeigt, geht der Holzring des dritten Jahres unmerklich in die Krebsgeschwulst über. Tatsächlich ist also der Krebsknoten eine Holzbildung; aber dieses Holz ist bei der enormen Schnelligkeit der Gewebebildung ein so weiches, dem ebenfalls wuchernden und von aufsen her leicht absterbenden Rindengewebe so ähnliches Gebilde, dafs es manchmal schwer fällt, die Grenze zu finden. Dieses lockere, mir in solcher Weichheit nur noch bei dem Rosenkrebs vorgekommene Holz bildet in der fertigen abgestorbenen Geschwulst die braune, zunderartige Grundmasse, von der anfangs die Rede war; die festeren, helleren Teile sind die an der Peripherie an Breite und Stärke zunehmenden Inseln von dickwandigen Holzzellen und Gefäfsen (Fig. 141 *B*, *i*). Bei Krebsknoten von verschiedener Stärke finden sich die Gefäfsgruppen *i* bald in Form keilförmiger, nach aufsen dickerwerdender Lamellen, bald (wie in Fig. 141 *B*) in Form kugeliger Gruppen mit schalenförmiger Anordnung ihrer Elemente. Die Gruppen verschmelzen nicht selten miteinander und bedingen auf diese Weise eine gröfsere Festigkeit; aber ein zusammenschliefsender Holzring ist nie beobachtet worden. Diese isolierten Prosenchym- und Gefäfsgruppen sind es, welche bei dem Zerschneiden dem Messer einen so grofsen Widerstand entgegensetzen, dafs sie sich schon aus dem Verbande mit dem übrigen Gewebe lösen, ehe sie durchschnitten sind. Daher das leichte Zerbröckeln des trocknen Krebsknotens.

f) Der Rosenkrebs.

Durch die Kultur der neueren Rankrosen, die (nach Crépin-Brüssel) aus einer Kreuzung von *Rosa indica* × *multiflora* hervorgegangen sind und als Polyantha-Arten bezeichnet werden, sind wir mit einer Erscheinung bekannt geworden, welche in das Gebiet der Krebswucherungen fällt. Die beistehenden Fig. 142 *A* und *B* stellen solche Krebsgeschwülste dar, wie sie an der Basis der starken Stämme von *Crimson Rambler* in

Deutschland aufgefunden worden sind. Ihr Auftreten am unteren Teile dieser bekanntlich auch bei uns äufserst üppig wachsenden Rosenstämme erinnert an die gleichen Vorkommnisse bei dem Weinkrebs. Wie bei allen Krebsbildungen finden wir auch hier diejenige Region der Achse bevorzugt, an welcher Zweige (*A*, *a*) entspringen, und an diesen selbst die Basis stark verdickt oder in gekrösartigen Wucherungen aufgebrochen (*B*, *üb*). Zur Erklärung dieser Erscheinung darf man sich nur



Fig. 142. Rosenkrebs. (Orig.) Man erkennt terrassenförmig nach aufsen ansteigende konzentrische Überwallungsränder um eine zentrale tote Holzfläche.

daran erinnern, dafs an jeder Stelle der normalen Achse, von welcher ein Zweig abgeht, der Holzring gelockert und für Störungen besonders empfindlich ist. Denn der Markkörper erweitert sich an den Zweigansatzstellen zu einer den Holzring quer durchsetzenden Markbrücke, die in die Seitenzweige abgeht. An jedem sich entwickelnden Aste stehen die Augen an der Basis am engsten beieinander; sie sind zwar oftmals wenig ausgebildet, weil auch die Blätter noch schuppenförmig oder doch unvollkommen sind, aber die parenchymatischen Markbrücken, welche den Holzring durchqueren, sind vorhanden.

Die Krebsstelle an der Hauptachse läfst im vorliegenden Falle wie bei dem „offnen Apfelkrebs“ eine zentrale Wundfläche mit blofsgelegtem gebräunten Holzkörper (Fig. 142 *A* und *B*, *w*) erkennen, welche durch terrassenförmig nach aufsen aufsteigende wulstige Überwallungsränder (*ü*) umkränzt wird. Aber diese Wundränder behalten nicht, wie bei dem Apfelkrebs, ihren gleichartigen, wallähnlichen Charakter, sondern bilden sich zu unregelmäfsig höckerigen oder perlig übereinandergetürmten

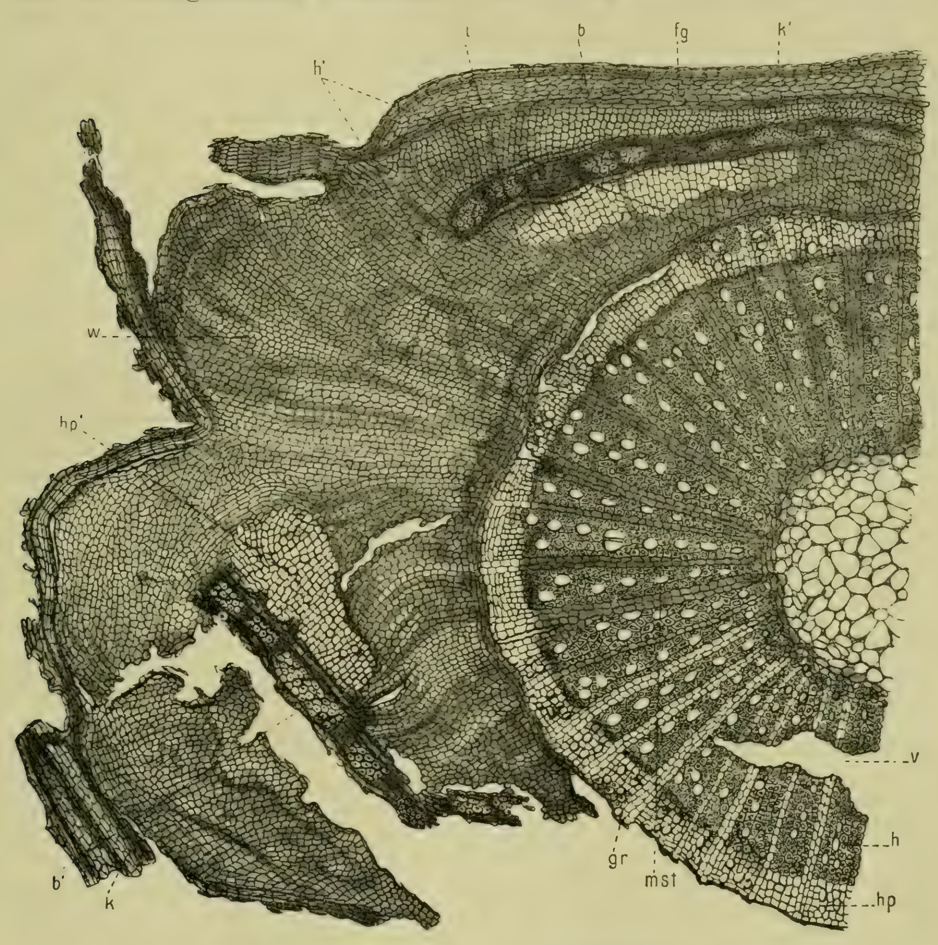


Fig. 143. Anfangsstadien des Rosenkrebses. (Orig.)

Gewebemassen aus. In anderen Fällen tritt der Rosenkrebs ähnlich wie die Krebsknoten bei Spiraea in geschwürartigen, verflossenen, langgestreckten Wundrändern auf, welche einen vom Astablauf ausgehenden Längsspalt bekleiden. Alle Wuchergewebe sprengen schliefslich die Rinde (*r*) entzwei.

Einen Einblick in das Zustandekommen dieser an Üppigkeit von keiner anderen Krebsgeschwulst übertroffenen Wucherungen erlangt man durch den obenstehenden Querschnitt des Rosenstammes an einer Stelle, wo er eine kleine, isoliert hervortretende, perlartige Erhabenheit

gebildet hat (s. Fig. 143). Wir erkennen, dafs der Stamm im ersten Jahre seine normale Ausbildung erlangt hatte: um den Markkörper ist ein normaler Holzring (*h*) mit breiten Markstrahlen (*mst*) vorhanden, der später zerklüftete (*v*). Im zweiten Jahre, als die ersten Zellreihen (*gr*) des neuen Holzringes in der Ausbildung begriffen waren, mufs sich eine Störung in Form einer Lockerung geltend gemacht haben, denn der neue Holzring (*hp*) hat zum grofsen Teil den Charakter des Parenchymholzes angenommen und nur stellenweis (*h'*) den durch Ausbildung von Gefäfsen und dickwandigen Holzzellen gekennzeichneten normalen Holzbau beibehalten. Die Ursache dieser Lockerung ist ein Rindenrifs gewesen, dessen Spuren man in der lippenförmigen Einbuchtung am oberen Teile der Figur erkennt. Die deckenden Korkschichten (*k*) der Rinde sind entzwei gesprengt worden, und das beiderseits hervorquellende Überwallungsgewebe (*w*), das sich wiederum mit einem Korkmantel bekleidet hatte, ist zu einer geschlossenen Masse in unmittelbarer Nähe des (nicht gezeichneten) Risses verschmolzen. Wenn man von der üppigsten Stelle des Wuchergewebes (*w*) ausgehend dasselbe rückwärts nach der gesunden (oberen) Zweigseite hin verfolgt, sieht man, dafs es sich allmählich auskeilt und innerhalb der Rinde normalen Charakter (*fg*) anzunehmen beginnt. Hier ist die Lagerung der Hartbaststränge (*b*) noch nahezu normal, aber ihre Beschaffenheit ist stark verändert. Die Mehrzahl der Bastzellen zeigt gelben, verquollenen Inhalt und leicht gebräunte Wandung. Dennoch aber treten sie als leuchtend helle Gruppen aus dem tiefbraun gefärbten Rindenparenchym hervor, das durch eine nachträglich entstandene Tafelkorklage (*k'*) von den äufseren collenchymatischen Rindenschichten abgegrenzt ist.

Die Zeichnung zeigt aber, dafs der Ring von Bastzellen (*b*) in dem Mafse sich weiter vom Holzzylinder entfernt, als er weiter in das Wuchergewebe eintritt; er ist also durch die Vermehrung desselben vom Holzkörper abgedrängt worden. Gleichzeitig sieht man, dafs der Bastring auch von den äufseren, collenchymatischen Schichten weiter abgerückt ist. Es mufs deshalb auch eine Zellvermehrung in der Primärrinde eingetreten sein.

Es fragt sich nun, ob das Gewebe, welches den Bastring vom Holzkörper abdrängt, ausschliefslich ein Produkt der sekundären Rinde ist, oder ob auch der Holzzylinder selbst dazu beigetragen hat. Die Antwort erhalten wir durch die Gewebegruppe (*hp'*), welche Parenchymholz darstellt. Wir finden derartige Gruppen parenchymatischen Holzes innerhalb eines weichen, dünnwandigen Gewebes bei der Heilung von Schälwunden, bei denen sich aus den jüngsten auf dem Holzkörper stehengebliebenen Splintlagen neues Gewebe bildet. Wir lernen ferner bei dem Studium der falschen Jahresringe (s. diese) und bei den Heilungsvorgängen der inneren Frostrisse die Bildung von Parenchymholz aus der gelockerten Splintholzschicht kennen. Auch bei den Veredlungsvorgängen, namentlich der Okulation und dem Rindenpfropfen, sehen wir Vernarbungsgewebe vom jüngsten Splintholz neu gebildet werden, wenn die eigentliche Cambiumzone verletzt worden ist. Bleibt das Cambium bei einer Verwundung erhalten, so entwickelt sich dieses im Falle einer Lockerung des Korkgürtels der Rinde durch einen Rifs zu einem zunächst parenchymatischen Gewebe, das an seiner Peripherie allmählich in den normalen Holzbau in dem Mafse übergeht, als sich der normale Rindendruck wieder herstellt (s. Wundheilung).

Aber dieselben Neubildungen können auch auf der Innenseite der

Rinde entstehen, wenn man dieselbe vom Holzzylinder abhebt, ohne dafs ihre Ernährung gänzlich unterbunden wird. Ich habe die Versuche bei Kirschen in der Art ausgeführt, dafs ich die noch glatte Rinde jugendlicher Stämme in Streifen ablöste, welche an ihrem oberen Ende mit dem unverletzt auf dem Achsenzylinder stehengebliebenen Rindenmantel in Verbindung geblieben waren. An dieser Übergangsstelle der unverletzten Rinde in den abgehobenen Streifen sah ich auf der Innenseite desselben Callus sich bilden, der sich später in Rinden- und Holzkörper differenzierte. Es ist also experimentell festgestellt, dafs ein blofsgelegter Holzkörper neue Rinde und ein abgehobener, aber am oberen Ende auf dem Holzkörper noch festsitzender Rindenlappen neues Holz erzeugen kann.

Dadurch wird uns der Vorgang bei dem Rosenkrebs verständlich. Im ersten Frühjahr entstand ein Rindenrifs, der bis auf das bereits in einzelnen Zellreihen angelegte Frühjahrsholz des neuen Jahresringes reichte und auch seitliche Abhebungen der Rinde vom Splinte zur Folge hatte, wie die Lücken (*l*) erkennen lassen.

Durch diesen radialen Spalt war der schnürende Einflufs, den der Korkgürtel (*k*) auf Rinde und Jungholz auszuüben pflegt, zunächst gänzlich aufgehoben, und die Folge war nun die luxuriierende Vermehrung des Jungholzes (auf der unteren Seite der Figur), dort wo die cambiale Zone nicht gestört worden war, und andererseits die üppige Vermehrung des Parenchyms der Innenrinde dort, wo dieselbe vom Jungholz abgehoben worden war (bei *l* auf der oberen Seite der Figur). Die Neubildungen sind, gleichviel ob vom abgehobenen Rindenlappen oder vom Jungholz ausgehend, gleichmäfsig callusartig und verschmelzen unmerklich miteinander. Sie sind es, welche den ehemals zusammenhängenden Bastring (*b*, *b'*) entzwei gesprengt, den stärkstbeschädigten Teil desselben (*b'*) nach aufsen gedrängt und nach seiner Abklüftung von der Aufsenrinde zum Absterben gebracht haben.

Die Hauptfrage ist, auf welche Weise die erste radiale Zerklüftung zustande gekommen sein mag? Und darauf kann die Antwort nur lauten: durch den Frost. Denn wir finden jene Bräunung der Markkrone, jene Zerrungen und Erweiterungen der Markstrahlen, jene Abhebungserscheinungen und Gewebezerklüftungen hier wieder, die ich experimentell durch Einwirkung künstlicher Fröste habe erzeugen können. Nur die Folgeerscheinungen, nämlich die luxuriierende Gewebevermehrung habe ich künstlich bisher noch nicht hervorzurufen vermocht. Es liegt dies wahrscheinlich darin begründet, dafs ich noch nicht den richtigen jugendlichen Entwicklungszustand bei der Einwirkung der künstlichen Fröste getroffen habe. Es mufs dies die Zeit sein, in welcher die cambiale Tätigkeit eben beginnt, wie man aus den wenigen Zelllagen ersieht, die der neue Jahresring erst gebildet hat. Treten die Störungen später ein, so ist die Reaktionsfähigkeit der Gewebe geringer, und die wuchernde Zellvermehrung unterbleibt. Wie sehr der Zeitpunkt der Verletzung ausschlaggebend ist, beweisen die Versuche von Göthe, welcher, wie bereits erwähnt, durch fortgesetztes Klopfen an einer Weinrebe im ersten Frühjahr Wucherungen erzeugt hat, die dem Weinkrebs glichen; der Weinkrebs ist in seiner Entwicklung dem Rosenkrebs nahestehend.

g) Der Brombeerkrebs.

Es ist eine bemerkenswerte Erscheinung, dafs mit Ausnahme des Weinkrebses alle übrigen Krebswucherungen in der Familie

der Rosaceen gefunden werden. Bei dem Brombeerkrebs entstehen am älteren Holze blumenkohlartig gehäufte, harte, weifslich schimmernde Gewebemassen mit perlartiger warziger Oberfläche (s. Fig. 144 *k*), die bald einzelne Kugeln, bald, wie bei *Spiraea*, wallartig gehäufte, langgestreckte Polster bilden. Die Augengegend ist der bevorzugte Entstehungsort. Die Rinde wird gesprengt und teilweise flügelartig zurückgeschlagen.



Fig. 144. Krebs bei der wilden Brombeere. (Orig.)

Bei reichlichem Vorhandensein der Krebsgeschwülste vergilbt zunächst das Laub; dann beginnt langsam der Stengel von den gebräunten Augenstellen aus abzusterben. Bis Juli sind in der Regel die erkrankten Zweige, die an demselben Stocke neben freudig grünenden vorkommen, gänzlich abgestorben.

Wenn man an den gesunden Trieben solcher krebsig erkrankten Stöcke nachsucht, findet man entweder kleine, rötliche oder braune Längsschwielen oder auch bis 1 cm lange, klaffende Rifsstellen. Dieselbe Erscheinung bemerkte ich auch an manchen Blattstielen. Die Böschungen derartiger Rifswunden sind mit Kork bekleidet. An diesen Böschungen treten stellenweis kleine, perlige Wucherungen hervor, die aus Parenchym bestehen und dicht an der Aufsenseite der Hartbaststränge von der Primärrinde gebildet werden.

Diese Geweberegion erweist sich bei den Rosaceen als eine sehr leicht erregbare. Nach den verschiedenartigsten Rindenbeschädigungen, die nicht bis an den Hartbast reichten, sah ich kräftige Zweige durch Parenchymvermehrung dicht aufserhalb der Hartbaststränge auf den Wundreiz antworten. Auch bei dem Brombeerkrebs bemerkt man eine Voranlage für die Krebsbildung; denn an den Stellen, wo eine warzenartige Wucherung hervorgetreten war, erwies sich schon bei der jugendlichen Zweiganlage der aus Hartbaststrängen und deren

derbwandigen Verbindungselementen gebildete mechanische Ring unverdickt, indem zartwandiges Parenchym an Stelle der prosenchymatischen und sclerenchymatischsn Gewebe getreten war.

Das parenchymatische Wuchergewebe in der Primärrinde vermehrt sich äufserst schnell und durchbricht die deckenden normalen Rindenlagen. Im Innern der Krebswarze bildet sich ein lockerer gefäfsreicher Holzkörper; die Bildung von Holzelementen wiederholt sich in den peripherischen Parenchymlagen des erstentstandenen Wucherkegels, indem Meristemherde entstehen, aus denen tracheale Holzelemente in schalenförmiger oder muschelartiger Anordnung hervorgehen.

Bei dem Brombeerkrebs ist also der Anfang eine Parenchymwucherung im primären Rindenkörper, die in blumenkohlartiger Verzweigung nach aufsen wächst. Erst später greift die Neigung zur Hypertrophie rückwärts in die Innenrinde hinein und erfafst schliefslich auch den Holzring, der anfangs von normaler Ausbildung erscheint. Sobald die Geschwülste älter werden und der Holzkörper sich an deren Bildung beteiligt, verstärkt sich dieser um das Drei- bis Vierfache seiner normalen Ausdehnung. Wir haben ähnliche Vorgänge bei der Wassersucht, bei der Knollenmaserbildung usw. Der Krebs bei Rubus ist selten; ich habe ihn bisher nur in vier Fällen kennen gelernt und zwar stets in engbegrenzten Lokalitäten.

Die übereinstimmenden Momente bei den Krebsgeschwülsten.

Bei einem Überblick über das gesamte Beobachtungsmaterial betreffs der geschlossenen Krebse (der „offene Krebs“ bildet eine Übergangsform zum Brande und scheidet hier aus) findet man übereinstimmende Züge. Überall bildet die Entstehung einer kleinen Rifswunde den Anfang; überall läfst sich erkennen, dafs die Verwundung im zeitigen Frühjahr stattgefunden haben mufs, und dafs das reichlich mobilisierte Material die Umgebung der Wunde zu äufserst schnell zustandekommenden, enormen Wucherungen befähigt. Durch den parenchymatischen Charakter der Neubildungen wird eine grofse Empfindlichkeit gegen schädliche Witterungseinflüsse und namentlich dem Frost gegenüber bedingt. Geringe Frostgrade sind daher imstande, das Krebsgewebe in der nächsten Wachstumsperiode zu verletzen. Der verletzte Gewebekomplex kann darum wiederum mit Wuchergewebe antworten, weil er bei seiner parenchymatischen Natur in der vorangegangenen Vegetationsperiode reichlichst Reservestoffe in Form von Stärke gespeichert hat.

Die Krebsformen bei den einzelnen Gattungen der Rosaceen unterscheiden sich nur durch die Art der Reaktion auf den Wundreiz, stimmen aber darin wieder überein, dafs sie das Auge und dessen nächste Umgebung als Entstehungsort bevorzugen. Der Grund dafür ist in der Lockerung des Achsenkörpers an der Ansatzstelle einer Knospe zu suchen. Hier ist stets der Holzring schmaler und wird schliefslich von der parenchymatischen Markbrücke quer durchsetzt.

Die bisher beobachteten Anfangsstadien der Krebsknoten, nämlich die kleinen, meist in der Nähe der Augen entstehenden Rifswunden, haben sich durch künstliche Fröste erzeugen lassen; die üppigen Überwallungserscheinungen aber noch nicht. Dieser Umstand dürfte darauf zurückzuführen sein, dafs ein zu später Zeitpunkt im Frühjahr für die Einwirkung der künstlichen Fröste gewählt worden ist.

Bei krebsigen Bäumen ist in den g e s u n d e n Zweigen mehrfach

eine abnorm gesteigerte Ausbildung der Markstrahlen beobachtet worden, und dies dürfte ein Fingerzeig sein, um die Neigung gewisser Kultursorten oder einzelner Individuen an bestimmten Standorten zu Krebswucherungen zu erklären, indem derartige Exemplare, deren Markstrahlen bzw. Rindenstrahlen schon im gesunden Zustande luxuriieren, am leichtesten durch Hypertrophie auf einen Wundreiz antworten werden.



Fig. 145. Frostplatten an Birnenrinde. (Orig.)

Der Brand (Sphacelus).

Im Gegensatz zur Bezeichnung „Krebs", welche in den Kreisen der Praktiker für die heterogensten Erscheinungen einer allmählich sich ausbreitenden Erkrankung Verwendung findet, versteht man unter „Brand" ziemlich allgemein das Auftreten toter, schwärzlich verfärbter, dem Holzkörper aufgetrockneter Rindenstellen von gröfserer Ausdehnung. Bei glattrindigen Stämmen bemerkt man auch an Stelle gröfserer zusammenhängender Brandflächen oft einseitig am Baum erscheinende kleine, zahlreiche, eingesunkene, einem Fingereindruck ähnliche Rindenflecke, die man als „Frostplatten" zu bezeichnen pflegt. Diese Beschädigungen sind je nach der Frostempfindlichkeit der Baumarten und den Standortsverhältnissen bald häufig, bald spärlich. Branderscheinungen dürften vom Steinobst am häufigsten bei Kirschen und Pflaumen zu finden sein; bei den empfindlicheren Pfirsichen und Aprikosen pflegt meist der Achsenkörper in seiner Gesamtheit zu leiden.

Bei dem Kernobst sind unzweifelhaft die Birnen zu Brandbeschädigungen am leichtesten geneigt. Von den Waldbäumen gelten als besonders empfindlich Buche und Eiche, an feuchten Standorten auch Esche und Akazie. Edelkastanie erhält sich überhaupt im mittleren Deutschland nur an einzelnen Lokalitäten. Unter den Nadelhölzern erscheint die Tanne frostempfindlicher als die Fichte. Lärche leidet, sobald sie nicht genügend Licht und Luftzirkulation hat. Selten beschädigt zeigen sich Linde und Ahorn. Am wenigsten findet man Brandstellen bei Erle, Birke, Ulme, Weide, Pappel, Hainbuche und namentlich Kiefer.

Das Absterben der Rinde ist als direkte Frostwirkung anzusehen, welche bis zu verschiedener Tiefe eindringt und demgemäfs ein verschiedenartiges Aussehen der Brandwunden hervorrufen kann. So ergreift z. B. häufig der Frost nur die jüngsten Rinden- und Splintschichten einschliefslich des eigentlichen Cambiums; die älteren, äufseren Rindenlagen sterben dann nur aus Mangel an Ernährung ab. Da die vom Frost getötete Rinde sich kurze Zeit nach dem Auftauen dunkel

verfärbt, so sehen wir im Frühjahr (besonders oft bei Birnen) zunächst an einzelnen Baumseiten oder Zweigen eingesunkene, scharf umgrenzte, oft nur sehr geringe Ausdehnung besitzende Stellen, die bald trocken werden und dem Holzkörper fest anhaften (Fig. 145, *p*). Es sind dies die oben erwähnten „Frostplatten“ mancher Obstbaumzüchter. Im Laufe des Sommers entsteht an der Grenze zwischen dem aufgetrockneten und dem gesunden, durch das Dickenwachstum des Stammes sich hebenden Teil der Rinde eine Rifsstelle, durch welche der abgestorbene Teil nun von der Umgebung isoliert wird und seinen hemmenden Einflufs verliert (Fig. 145, *r*).

Die Hemmung, welche eine solche tote Rindenstelle ausübt, liegt in der Druckerhöhung des übrigen Rindenmantels, so lange derselbe mit dem toten, trockenen, dehnungsunfähigen Gewebe noch verbunden ist. In der Nähe der toten Stelle wird der Rindendruck am gröfsten, die Zahl der neugebildeten Elemente am geringsten sein.

Dies sehen wir bei Beginn der Heilungsvorgänge. Der Baum sucht die tote Stelle durch Bildung von Überwallungsrändern von den gesunden Rindenteilen aus zu decken. Dies kann nun je nach der Art des Brandschadens in zwei Formen geschehen. Wenn nämlich der Zweig zur Zeit des Frosteintritts schon älteres Holz besitzt, das auf der Brandseite wohl gebräunt, aber nicht gespalten wird, dann schieben sich oftmals die Überwallungsränder allmählich zwischen die tote Rinde und den Holzkörper und heben langsam die schorfartig trockene, braune Rindenmasse ab. Mit jedem folgenden Jahre rücken die Überwallungsränder von den Seiten her aufeinander mehr und mehr zu, bis sie sich endlich vereinigen, die geschwärzte Holzstelle decken und dabei die ehemals aufgelagerte Rinde nach aufsen drängen und abstofsen.

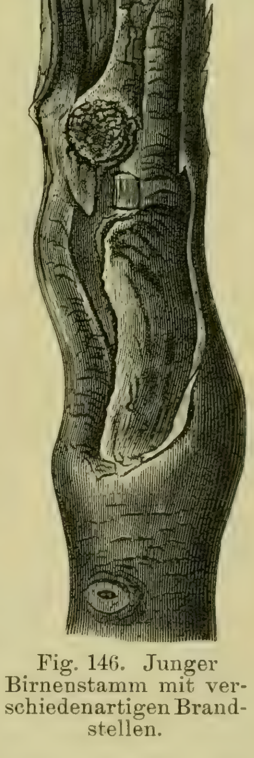


Fig. 146. Junger Birnenstamm mit verschiedenartigen Brandstellen.

In Fig. 146, die einen brandigen, jungen Birnenstamm darstellt, sehen wir oben den alten, geschwärzten, blofsgelegten Holzkörper, welcher ursprünglich von der hier hellgezeichneten Rinde im frischen Zustande bedeckt war. Die Rinde ist an der ganzen Baumseite vom Froste getötet, aufgetrocknet und durch die nach dem Frost hervorgekommenen Überwallungsränder von den gesunden Baumteilen abgeplatzt worden. Die buckelförmige Erhöhung an der Basis der Zeichnung zeigt die bei Brandstellen häufige Verbreiterung des abgeflachten Stammes durch vermehrte Holzbildung der unbeschädigten Umgebung.

An dünnen Zweigen besitzen die Frostplatten manchmal eine nur geringe Ausdehnung; dafür aber zeigt sich der Holzkörper unter der auftrocknenden Rinde radial gespalten. Der beim Nachlassen des Frostes sich schliefsende Spalt wird nun schnell überwallt, die getötete Rinde

alsbald abgehoben, und die Überwallungsränder verschmelzen miteinander. Hierbei erfolgt nun die Vereinigung nach Art der Frostleisten, d. h. die Ränder springen leistenartig über die normale Jahresringebene hervor, während sie bei den breiteren, nur langsam sich schließenden Wunden den Achsenzylinder an der erfrorenen Stelle abgeflacht erscheinen lassen.

In beiden Fällen aber zeichnen sich die Überwallungsränder dadurch aus, daß sie unter dem hohen Druck der toten Rinde entstehen, daher an ihren äußersten Enden am schmalsten sind, sich also keilförmig zuspitzen. Diese keilförmige Verjüngung der sich über die tote Fläche ausbreitenden Überwallungsränder ist das charakteristische Merkmal des Brandes im Gegensatz zum Krebse, dessen Überwallungsränder nach der Wundstelle hin an Dicke zunehmen und sich wulstartig in den offenen Spalt, der den Krebsanfang bildet, hineinsenken.

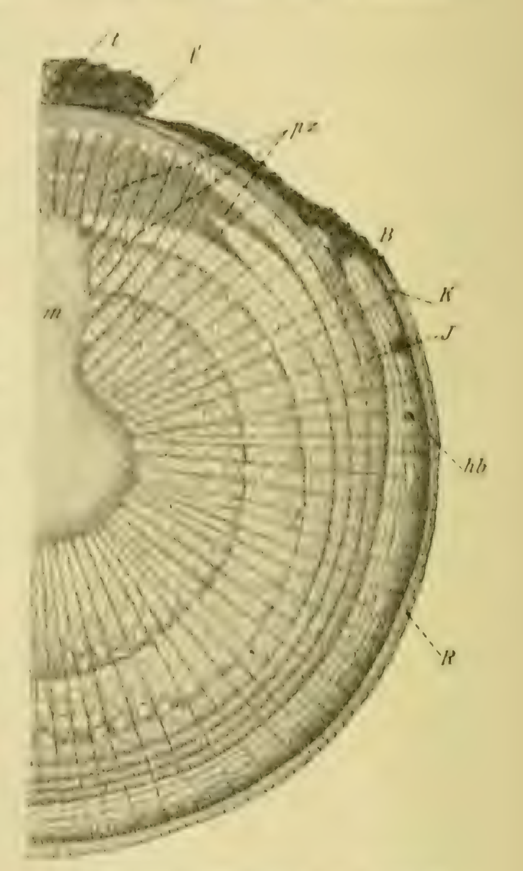


Fig. 147. Querschnitt durch einen Birnenstamm an einer durch Frost erzeugten Brandstelle. (Orig.)

Daß die Gewebe der Überwallungsränder je nach den Druckverhältnissen, unter denen sie entstehen, verschieden sind, ist leicht zu ermessen und ist bei dem Krebs ausführlicher besprochen worden.

In der Fig. 147 entspricht die dunkle Stelle *B* einer Frostplatte *p* in Fig. 145; *t* ist ein Rest der toten Rinde, deren gesunder Teil *R*, durch die weißglänzenden Hartbastbündel *hb* kenntlich, von dem toten Gewebe durch eine schräg verlaufende, sich an die normale Korkbekleidung *K* bei *B* anlegende Korkzone getrennt ist. Der nach dem Frost entstandene Jahresring ist mit *J* bezeichnet. Wenn man denselben nach der Wundstelle hin verfolgt, sieht man, wie er sich spitz auskeilt und unter der aufgetrockneten, toten Rindenstelle *t' t* noch ganz fehlt. Erst der nächstjährige Ring würde sich dazwischenschieben. Der Bau dieses zugespitzten Überwallungsrandes ähnelt durch das nur sehr gering ausgebildete Parenchymholz und die bald auftretenden, dickwandigen Holzzellen nebst Gefäßen viel mehr dem normalen Holze als die lippenförmig sich aufwulstenden, holzparenchymatischen Überwallungsränder des Krebses (s. „offenen Krebs").

Wir sehen in beistehender Fig. 147 über der Markbrücke (*m*) die



Lieferung 15. (Erster Band, Bog. 39—43.) Preis: 3 Mark.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage
in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau, und **Dr. L. Reh,**
Privatdozent an der Universität Berlin — Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben
von

Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



Mit zahlreichen Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1908.

Erscheint in etwa 20 Lieferungen à 3 Mark.



normalen Jahresringe durch minder helle, hier grau erscheinende, sichelförmige Zonen *pz*, die fein keilförmig nach den Seiten hin ausstrahlen, unterbrochen. Diese Zonen bestehen aus dünnwandigerem, bisweilen gefäfslosem, verkürztem Prosenchym, bisweilen sogar der Hauptsache nach aus stärkereichem Holzparenchym. Die hier geraden Radien der Markstrahlen erscheinen bei üppig wachsenden Sorten geknickt und die longitudinal gestreckten Holzzellen und Gefäfse diagonal bis horizontal verschoben.

Es ist vorhin gesagt worden, dafs die Frostplatten als engbegrenzte, in allen Richtungen relativ geringe Ausdehnung zeigende Brandschäden anzusehen sind, die bis zu grofsen, ganze Baumseiten umfassenden Brandflächen alle Übergänge aufweisen. Aufser bei Birne lassen sich auch bei Rotbuche leicht solche Frostplatten auffinden. An reichlich mit derartigen Platten besetzten Zweigen einer Buche liefs sich als die in das gesunde Gewebe am weitesten hineingehende, letzte Ausstrahlung der Frostwirkung die Bräunung des Inhalts einzelner, durch das Mark zerstreuter Zellen nachweisen; diese Zellen haben unzweifelhaft einen anderen Inhalt als die übrigen, farblos gebliebenen Markzellen und nähern sich betreffs des Zellinhalts wahrscheinlich denen der Markkrone, die ebenfalls leicht gebräunt wird.

Die Bräunung teilt sich nicht, wie bei der Wundfäule, der Umgebung mit; denn die schon vorhandenen sowohl als die sich später noch bildenden Zellen in der nächsten Nähe der frostgebräunten Gewebe bleiben hellwandig und gesund. Die gebräunten Markzellen enthalten ebensogut Stärke wie die nicht angegriffenen, so dafs die braune Färbung nicht von veränderter Stärke, sondern von einem anderen Stoffe herrühren mufs. Nicht in allen Fällen leidet das Mark. Manchmal ist bei zwei- bis dreijährigen Zweigen der Holzkörper in der Weise gebräunt, dafs die gelbe, gummiartig aussehende Ausfüllung der Gefäfse bis zur Markkrone hin stattgefunden hat und auch die Markstrahlen bis nahe zum Zentrum gebräunt erscheinen, der Markkörper selbst aber ohne jede krankhafte Verfärbung ist. Solche Differenzen finden in demselben Zweige an verschiedenen Internodien statt. Indes bleibt als Regel, dafs die ersten Anfänge der Bräunung sich durchschnittlich an einzelnen Zellen des Markes, namentlich auch der Markkrone zeigen, dafs zunächst nur der Inhalt und später erst die Wandung sich verfärbt, und dafs diese Inhaltsfärbung auf einer Bräunung und Erstarrung der Zellflüssigkeit zu beruhen scheint. Die gummiartig festgewordene Masse kann beim Schneiden scharfkantig brechen. Ebenso glaube ich, die Ausfüllung der Gefäfse zum Teil auf das Erstarren des flüssigen bereits vorhandenen Inhalts zurückführen zu müssen und dadurch mit Leichtigkeit die oft tropfenartige Formierung der Ausfüllungsmasse erklären zu können.

Der Bräunung im Markkörper folgt bei zunehmender Kältewirkung in der Regel die Verfärbung einzelner Markstrahlen und einzelner Bastparenchymgruppen in der Rinde. An den Rotbuchenzweigen liefs sich auch eine auf einzelne Gefäfsbündel beschränkte Frostwirkung manchmal erkennen; die Verfärbung hält sich dann innerhalb zweier Hauptmarkstrahlen, ergreift zunächst den Markkronenteil des Bündels und schliefst oft plötzlich mit einer Jahresringgrenze ab.

Man sieht bisweilen eine Gefäfswand noch gar nicht oder einseitig gebräunt, wenn der Inhalt schon gänzlich verfärbt erscheint. Es wurde erwähnt, dafs an der Ausfüllung der Gefäfse und Holzzellen sich auch die

sekundäre Membran beteiligen kann: diese quillt zunächst auf, und zwar zuweilen bis zur Ausfüllung des Lumens einer Holzzelle oder eines engen Gefäfses, welche dann noch farblos und gleichmäfsig lichtbrechend erscheinen. Daneben findet man Zellen und Gefäfse in tiefer Bräunung; ihre auskleidende Masse liegt oft tropfenförmig der Wand an oder ist ringartig und scharf von der Membran abgegrenzt. In anderen Fällen ist zwischen der Auskleidungsmasse und der Zellhaut keine Grenze und hierbei die Beteiligung der Membran zweifellos. Es kommt auch vor, dafs nur eine innere Lage der Zellmembran sich bräunt und quillt und schliefslich erstarrt. Diese gequollene Lage hat dann am Innenumfange der Zelle oder des Gefäfses nicht mehr Platz und faltet sich nach innen, so dafs ein farbloser Hohlraum zwischen der nach innen ausgestülpten, braunen Membranlamelle und dem äufseren, unverändert gebliebenen Teile der Wandung sich zeigt.

Bei der meist einseitig vorhandenen Bräunung des Cambiums ist in geringeren Stadien auch nur der Inhalt gebräunt und erst nachträglich verfärbt sich die Wandung. Das direkt an das Herbstholz angrenzende Frühlingsholz scheint am empfindlichsten zu sein. Im Rindenkörper erkennt man, dafs die bogenförmig von Rindenstrahl zu Rindenstrahl sich spannenden, in der Streckung voraneilenden Parenchymzellen weniger leiden als das von ihnen begrenzte kleinzellige Innengewebe.

Die hier erwähnten Beobachtungen repräsentieren häufige Einzelfälle, aber nicht durchgängig anzutreffende Erscheinungen. Erwähnt sei schliefslich ein Fall bei Süfskirsche als besonders bemerkenswert. Der Markkörper des einjährigen Zweiges erschien an einer Seite bis über die Mitte hinaus zerklüftet, und in die entstandene Lücke wucherten fadenartig, wie bei den Wollstreifen des Apfelkernhauses, die Zellen der Markperipherie. Gummosis war nicht vorhanden. Der Fall wurde bei den sogenannten „Frostrunzeln" beobachtet; er ist deshalb interessant, weil er die nachträglich im Mark wieder erwachte Wachstumstätigkeit zeigt, was im allgemeinen nur bei weichen Hölzern (*Tilia*) vorkommt.

Auch bei den obenerwähnten Branderscheinungen findet sich als Regel, gerade so wie bei Krebs, mit der Zunahme der Parenchymmassen (Fig. 147, *px*) zwischen den normalen Teilen des Jahresringes auch eine Zunahme der Gummiherde bei den Amygdalaceen und der Harzherde bei den Coniferen. Bei dem Krebs kann man aufserdem wahrnehmen, dafs der Lockerung des Holzkörpers durch Parenchymholz eine Lockerung des Rindenkörpers in demselben Radius durch Schwächung des mechanischen Ringes entspricht; es fehlen nämlich die Hartbastbündel in der Rinde der Überwallungsränder so weit, als im Holzkörper der letzteren die eigentlichen dickwandigen Holzzellen fehlen.

Parenchymholznester.

Bei den Krebswucherungen haben wir gesehen, welche Weichheit und Hinfälligkeit der Holzring erlangt, sobald er zur Bildung des Überwallungsrandes einer engen Spaltwunde zurzeit der gröfsten Zuwachstätigkeit im Frühjahr plötzlich übergeht. Bei der Schnelligkeit der Entstehung derartig grofser Gewebemassen hat der Holzring nicht Zeit, prosenchymatische Elemente auszubilden, sondern baut sich anfangs aus parenchymatischen, dünnwandigen Elementen auf, die als

Speicherungsgewebe für Reservestoffe zwar Vorteile bieten, aber den Parasiten und Witterungseinflüssen gegenüber sehr geringe Widerstandskraft zeigen. Es ist daher leicht verständlich, dafs auch bei gesunden Bäumen das Auftreten parenchymatischen Holzes an Stelle des prosenchymatischen vom pathologischen Standpunkt aus eine besondere Aufmerksamkeit verdient. Derartige Fälle sind überall zu finden.

Die Herde von Parenchymholz können in Form eingestreuter Nester oder in ringförmigen Binden von verschiedener Länge und Breite im Stammkörper auftreten. Sie sind mannigfach benannt worden. Eine Aufzählung derartiger Fälle finden wir bei De Bary [1]), der in ihnen eine Hypertrophie der Markstrahlen sieht. Rossmässler nennt sie „Markwiederholungen", Nördlinger bezeichnet sie als „Markflecke", und Th. Hartig [2]) spricht von „Zellgängen". Die ausgebildetste Form finden wir bei den sog. „Mondringen". Es sind dies braune oder weifse, meist ringförmig um einen Teil oder auch um den ganzen Stammumfang herumreichende Binden von Parenchymholz, das bisweilen schon zunderartig zermürbt erscheint. Diese mürben Gewebemassen zeigen nicht selten bereits die Cellulosereaktion. Vielfach findet man dieses Gewebe von Mycel durchzogen. Th. Hartig beschrieb die Pilze als *Nyctomyces candidus* und *utilis*. Rob. Hartig zog das bei Eichen beobachtete Mycel zu *Stereum hirsutum* Willd. [3]). Bei anderen Baumgattungen finden sich andere holzzerstörende Pilze, die im zweiten Bande S. 385 ff. eingehender behandelt werden.

Die als „Markflecke" bezeichneten Bildungen erscheinen im Querschnitte des Holzkörpers als isolierte, zerstreut auftretende, scharf begrenzte, etwa halbmondförmige, gebräunte, mürbe Stellen, welche sich gangartig auf verschiedene Länge hin stammabwärts verfolgen lassen. Eine eingehende Studie darüber verdanken wir Kienitz-Gerloff [4]), der als Entstehungsursache bei Weiden, Ebereschen und Birken den Frafs einer Insektenlarve beobachtete. Nach einem Referat von Karsch [5]) soll es sich um *Tipula suspecta* Rtzb. handeln. Diese Larve nährt sich „von den Zellen des Cambiums und des Jungzuwachses zur Zeit der Jahrringbildung". Die Frafsgänge werden in folgender Weise geschlossen: „Die den Wundrand durchbrechenden Zellen wachsen schnell und teilen sich weiter durch zarte Querwände; gleichzeitig findet eine vollständige Schliefsung des cambialen Ringes statt, und von nun ab wird wieder normales Holz und normale Rinde über der Wundfläche gebildet, während ganz unabhängig von dem neuen Cambium der Hohlraum durch die Zellenwucherungen geschlossen wird." (Bot. Jahresber. 1883, Bd. I, S. 182.) Diese Beschädigungen durch fadenförmige Dipterenlarven, welche in der Cambiumzone, namentlich an Stammbasis und Wurzelhals, bisweilen auch an höheren Schaftteilen und Wasserreisern im Mai und Juni ihre Gänge graben, werden zunächst nur für die genannten Baumarten als Erzeuger von Markflecken oder „Braunketten" anzusehen sein. Kienitz selbst bemerkt, dafs ähnliche Bildungen bei anderen Bäumen, namentlich bei Nadelhölzern, nicht von den erwähnten Dipterenlarven herrühren.

---

[1]) De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane. 1877, S. 567.

[2]) Th. Hartig, Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen. 1852, S. 211.

[3]) Rob. Hartig, Zersetzungserscheinungen des Holzes. S. 129.

[4]) M. Kienitz, Die Entstehung der Markflecke. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XIV, S. 21 ff. Hier auch die ältere Literatur.

[5]) Bot. Jahresbericht. Jahrg. XI, Teil 2, S. 518.

Betreffs der Markflecke der Birke bestätigt v. TUBEUF[1]) die Untersuchungen von KIENITZ und erwähnt dabei, dafs G. KRAUS diese Zellnester sogar für normale Bildungen erklärt. DE BARY spricht, wie erwähnt, von Hypertrophien der Markstrahlen, und bei dem ersten Überblick gewinnt man auch den Eindruck, dafs die Markflecke durch eine Erweiterung der Markstrahlen hervorgebracht werden. Man sieht wirklich letztere, bevor sie in die Parenchymholznester eintreten, allmählich breiter werden und ihre Zellen das polyedrische, derbwandige, stark getüpfelte Aussehen der mit Stärke und braunem Gerbstoff bisweilen erfüllten Zellen der Markflecke annehmen. Ja, man sieht sogar manchmal, dafs die Markstrahlen bei dem Eintritt in den Markfleck sich erweitern und seitlich zusammenfliefsen; aber ich halte trotzdem, gestützt auf meine „Schälversuche", das neugebildete Füllgewebe für ein Produkt einer Zellvermehrung, an der nicht nur die Markstrahlen, sondern sämtliche den Jahresring aufbauenden Gewebeformen sich beteiligen können. Die Mark- bezw. Rindenstrahlen eilen nur bei allen Wundheilungsvorgängen dem übrigen Gewebe im Wachstum voraus und erlangen dadurch einen überwiegenden Einflufs.

Auch wenn man bei den oben erwähnten „Mondringen" die Grenzen zwischen dem bereits zerstörten Parenchymholz der ringförmigen Binden und dem gesund gebliebenen Gewebe untersucht, findet man nicht selten eine hervorragende Erweiterung der Markstrahlen, namentlich bei Eichen.

Bei Nadelhölzern und besonders bei Kiefern begegnet man einer noch extremeren Form von Zerstörung, der sog. Ringschäle. Bei dem Spalten der Stämme löst sich nämlich bisweilen ein Vollzylinder, aus dem gesunden, zentralen Stammteil bestehend, von einem ebenfalls gesund erscheinenden peripherischen Holzmantel, wie aus einer Hülse, von selbst heraus. Die Lösung erfolgt dadurch, dafs in einem Jahresringe, und zwar nur in diesem einzigen, das Gewebe zerstört, mulmig und myceldurchzogen ist.

Diese Form der Ringschäle unterscheidet sich durch ihren festen, gesunden Kern von der durch ROBERT HARTIG[2]) bei der Kiefer studierten, bei welcher ein Wundparasit, *Trametes Pini* (Brot.) Fr. die Zerstörung des ganzen Kernes veranlafst, aber nicht in das gesunde Splintholz übergeht. HARTIG beschreibt das schnelle Fortschreiten des Mycels in den Markstrahlen und sagt, nachdem er die durch das Mycel verursachte Holzzerstörung, das Auflösen der inkrustierenden Substanzen und Zurückbleiben der Cellulose in den Holzfasern dargelegt hat: „Infolge der Zusammenziehung des Holzkörpers, welche mit der Fäulnis und dem Wasserverlust desselben verbunden ist, bilden sich nicht allein radial verlaufende Spalten, sondern es lösen sich sehr oft die äufseren Jahresschichten als Mantel von einem dickeren oder schwächeren Kerne. Es entstehen so Ringspalten, die wohl den Namen der Ringschäle veranlafst haben mögen." Wir haben es also hier mit einer Form der sehr verbreiteten Rotfäule oder Kernfäule zu tun. Der Pilz tritt nach v. TUBEUF auch an Fichten auf und ist aufserdem an Lärchen und Weifstannen und in Amerika an Douglastannen beobachtet worden. Hervorzuheben ist der Umstand, dafs sein Mycel sich „besonders leicht

[1]) v. TUBEUF, Die Zellgänge der Birke und anderer Laubhölzer. Forstl. naturwiss. Zeitschr. 1897, S. 314.

[2]) R. HARTIG, Wichtige Krankheiten der Waldbäume. Berlin 1874, S. 55.

in einer bestimmten Jahresringzone[1])“ verbreitet, und die kranken, nur noch aus Cellulose bestehenden, weifsen Gewebeherde gerade im Frühjahrsholz reichlich zu finden sind[2]). Dies scheint mir anzudeuten, dafs der Pilz in den benachbarten Jahresringen zunächst gröfseren Widerstand findet, also der befallene Jahresring von vornherein lockerer gebaut gewesen ist. Demnach dürften Parenchymholzbinden nicht nur der Einwanderung von *Trametes* und anderen Holzzerstörern an Astwunden, sondern auch deren Ausbreitung im Stamm besonders förderlich sein.

Falsche Jahresringe, Doppelringe.

Dafs die Gröfse und Beschaffenheit eines jeden Jahresringes bei den Holzpflanzen von der Menge und Art der Blattarbeit abhängig, ist genügend bekannt[3]) und namentlich in der forstlichen Literatur eingehend behandelt. Jede längere Unterbrechung der Arbeit des Laubapparates macht sich im Holzkörper geltend und kann zum Aussetzen der Holzbildung an einer Baumseite oder an der Stammbasis und dem Wurzelkörper führen. Wenn das im Frühjahr tätig gewesene Cambium nach einer Periode der Untätigkeit zu neuer Vermehrung in demselben Jahre angeregt wird, beginnt es mit der Bildung eines neuen Frühlingsholzes, das bald langsamer, bald schneller in das Herbstholz übergeht, und es entsteht auf diese Weise das Bild eines neuen normalen Jahresringes. In solchen Fällen zeigen sich halbseitige oder den ganzen Stammumfang umfassende Doppelringe.

Genaue Studien darüber verdanken wir Kny[4]), der besonders klar bei *Tilia parvifolia* feststellen konnte, dafs nach dem Austreiben der Knospen an Trieben, die durch Raupenfrafs völlig entlaubt worden waren, ein zweiter Holzring sich bildete. Die Grenze zwischen dem neugebildeten Frühlingsholz und dem vor der Entblätterung entstandenen Holzringe war scharf. Mehrfache Beispiele über die Abhängigkeit der Jahresringbildung von der Zeit der Entblätterung finden wir bei Ratzeburg[5]). Da verschiedene Insekten zu verschiedenen Zeiten im Jahre Kahlfrafs verursachen, sieht man bald in demselben Jahre, bald aber auch erst im folgenden (bei mangelhafter Ablagerung der Reservestoffe) die Schwächung im Holzzuwachs.

Zu den Ursachen, welche die Bildung falscher Jahresringe veranlassen können, konnte ich im Jahre 1886 die Frostwirkungen hinzufügen. Im Jahre 1895 veröffentlichte R. Hartig[6]) eine Abhandlung, in welcher er Frostringe bei Kiefer und Fichte beschrieb. Er gedenkt dabei auch einer anderen mechanischen Wirkung, nämlich einer durch Turgorverlust hervorgerufenen Erschlaffung der Triebe, wodurch eine Krümmung verursacht wird. Diese Krümmung der Zweige bleibt bestehen, so dafs man sie im folgenden Jahre wiederfindet. Die Erschlaffung kann auch infolge der Zerstörung des Markparenchyms ein-

[1]) v. Tubeuf, Pflanzenkrankheiten durch kryptogame Parasiten verursacht. Berlin 1895, S. 471.

[2]) R. Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin 1900, S. 172.

[3]) Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, S. 25 und an anderen Orten. Hier auch die betreffende Literatur.

[4]) L. Kny, Über die Verdoppelung des Jahresringes. Sep. Verhandl. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1879. Hier auch Besprechung der früheren Ansichten.

[5]) Ratzeburg, Waldverderbnis I, S. 160, 234, II, S. 154, 190.

[6]) Hartig, R., Doppelringe als Folge von Spätfrost. Forstl. naturw. Zeitschrift 1895, S. 1—8.

treten. In der letzten Auflage seines Lehrbuches[1]) wird von ihm ein Frostring aus dem Holze einer Kiefer und einer Fichte abgebildet und dazu bemerkt: „An älteren Stammteilen der Kiefern zeigte sich, daſs in jedem Spätfrostjahre ein sogen. Doppelring entstanden war. Ich habe später auch an Fichten und anderen Nadelhölzern dieselbe Tatsache konstatiert, daſs ein Spätfrost nicht die jüngsten Triebe allein schädigt, sondern oft noch in den zehnjährigen Stammteilen ‚Doppelringbildung' hervorruft."

Eine gleiche Störung im Bau des Jahresringes beschreibt und zeichnet O. G. Petersen[2]) von Buchen, die am 17./18. Mai 1901 in Mittel-Seeland stark vom Frost gelitten hatten. Schon früher hatte Nördlinger[3]) eine ringförmige Unterbrechung in der normalen Holzbildung als eine rötliche Gewebelinie beobachtet. Auch anderweitig finden sich entsprechende Mitteilungen und Beobachtungen, die neue Gesichtspunkte aber nicht enthalten. Eine Erweiterung unserer Kenntnis der Störungen in der Jahresringbildung brachten die Studien über die Krebserscheinungen. Bei dem Apfelkrebs habe ich nachgewiesen, daſs ein Jahresring, der auf der gesunden Zweigseite einfach und normal ist, auf der krebsigen sich fächerförmig in mehrere Ringzonen spaltet. Wie solche Lockerungen zustande kommen, beweisen meine neueren Studien bei Eichen.

Experimentelle Erzeugung von Parenchymholz durch Frostwirkung.

Die in den vorhergegangenen Kapiteln als „Markflecke", „Parenchymholzbinden", „Ringschäle" usw. beschriebenen Fälle einer Bildung von parenchymatischem Holzgewebe an Stelle normalen Prosenchyms beruhen auf mannigfachen Ursachen, die aber sämtlich darin übereinstimmen, daſs das Cambium an einzelnen Teilen oder am gesamten Umfang eines Jahresringes vom Druck des darüber gespannten Rindengürtels mehr oder weniger befreit wird. Daſs der Frost und namentlich der Frühjahrsfrost eine der wesentlichsten und häufigsten Ursachen solcher Lockerungen des Rindengürtels abgibt, dürfte aus nachstehenden Beobachtungen hervorgehen.

Im Jahre 1904 hatte ein Maifrost die jungen Eichentriebe am Rande einzelner Waldkomplexe —, dort wo dieselben an Wiesen grenzten — derartig stark beschädigt, daſs eine Anzahl Zweigspitzen gänzlich erfroren war, während andere nur geschwärzte, vertrocknende Blätter aufwiesen, aber an den Spitzen später weiterwuchsen. Nachdem derartige Triebe innerhalb einiger Wochen wieder neue Blätter gebildet hatten, wurden sie zur Untersuchung abgeschnitten. Sie lieferten in verschiedenen Höhen sehr verschiedenartige Bilder und unter diesen auch das in Fig. 148 dargestellte.

Wir erkennen einen unregelmäſsig fünfseitigen Markkörper (*m*), umgeben von einem schmalen, einseitig stärker ausgebildeten Holzringe (*h*). Dieser Holzring schlieſst aber nach auſsen hin nicht mit einer regelmäſsigen Cambiumzone ab, wie dies im normalen Zweige der Fall ist, sondern geht plötzlich in ein lockeres, weitzelliges Parenchymholz (*ph*)

[1]) Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin, Springer 1900, S. 220, 221.
[2]) Petersen, O. G., Natterfrostens virkning paa Bögens ved. — Sep. Det forstlige Forsögsvaesen, I, 1904.
[3]) Nördlinger, Die fetten und die mageren Jahre der Bäume. Kritische Blätter f. Forst- und Jagdwissenschaft 1865, Bd. 47, H. 2.

über, das nach der Rinde zu derbwandiger wird und nur selten eine cambiale Grenzzone zwischen sich und der Rinde erkennen läfst. Dafs dieser aus Lockerungsgewebe gebildete Gürtel (*ph*) wirklich zum Holzring noch gehört und von demselben ausgegangen ist, beweisen die in der



Fig. 148. Ausheilung einer inneren Frostwunde am jungen Eichenzweige nach Maifrostbeschädigung. (Orig.)
c Cambiumzone, *z* Zickzacklinie mit gequollenen Wandungen, *g* Gefäfse im normalen Holz. Erklärung der übrigen Buchstaben befindet sich im Text.

Lockerungszone zerstreuten kurzzelligen Gefäfselemente (*g'*), die im Bau ihrer Verdickungsschichten denen der Gefäfse im normalen, erstgebildeten Holzringe ähnlich sehen oder gleichen. Dieses Vorhandensein kurzer Gefäfse oder Gefäfszellen und die Verdichtung der ganzen Lockerungszone an ihrer Peripherie durch Auftreten von derbwandigen, den echten Holzzellen ähnlichen Elementen zeigen somit, dafs dieser frostbeschädigte Zweig kurze Zeit nach Aufhören der Frostwirkung und Bildung des Parenchymholzes sich angeschickt hat, zur normalen Holzringbildung zurückzukehren.

Wir würden, wenn dieser Zweig Gelegenheit gehabt hätte, bis zum Herbst fortzuwachsen, dann einen zweiten (falschen) Jahresring erhalten haben, wie er von früheren Forschern bereits beobachtet und im vorhergehenden Kapitel besprochen worden ist.

Der Bastring (*b*) ist wenig irritiert worden; nur der Inhalt der jungen Bastzellen erweist sich meistens gebräunt, entsprechend der Ausfüllung einzelner Gefäfse des Holzringes mit rotgelber, gummiähnlicher Substanz. Das Rindenparenchym besitzt einzelne gebräunte Gruppen. Die collenchymatische Aufsenschicht der Rinde (*cl*) zeigt keine besonderen Verfärbungserscheinungen, wohl aber ist dies bei der Markkrone der Fall, welche gänzlich gebräunt erscheint. Diese Bräunung läfst in dem Mafse nach, als die Schnitte nach der gesünderen Zweigbasis hin entnommen werden; dort finden sich nur noch einzelne Zellen mit gelbem, verquollenem Inhalt.

Bei den reichlich vorhandenen Zerklüftungen macht sich ein Unterschied in der Richtung der entstandenen Lücken bemerkbar. Innerhalb der Markscheibe ist die gröfste Ausdehnung der Lücken in der Richtung des Radius zu finden, und wir sehen, dafs dies mit der eigenartigen strahligen Ausbildung des Markkörpers zusammenhängt. Derselbe zeigt sich fünfeckig ausgebuchtet, und die Ausbuchtungen kommen dadurch zustande, dafs die den Holzring zusammensetzenden Gefäfsbündel sich teilweise anschicken, aus dem Ringe herauszutreten. Wie vorher angedeutet, liegt der Grund für dieses Ausweichen einzelner Bündel darin, dafs an jeder der fünf Ecken der Markscheibe die für die fünf nächsthöheren Blätter bestimmten Leitungssysteme im Begriff sind, nach aufsen ihren Weg durch die Rinde zu den Blättern anzutreten. Für das der hier abgebildeten Zweigstelle nächstliegende Blatt ist der Markkörper natürlich schon am weitesten ausgebuchtet und schickt sich an, als Markbrücke (*mb*) in die nächste Knospe überzugehen. Die beiden höheren Blätter, die nur ein und zwei Internodien von unserem Querschnitt entfernt stehen, haben ihre Bündel noch innerhalb des geschlossenen Holzringes; aber dieselben bilden bereits merkliche Ausbuchtungen des festen Achsenzylinders (rechte Seite der Figur). Für das der Blattstellungsspirale folgende vierte und fünfte höherstehende Blatt liegen die Bündel noch ganz innerhalb des Holzringes und deuten ihren späteren Austritt nur durch schwache Vorwölbung nach aufsen an (linke Seite der Figur). Zwischen ihnen ist der Markkörper nur in Form eines verbreiterten Markstrahls fortgesetzt und noch nicht zu einer wirklichen Markbrücke erweitert.

Die durch Zerreifsung des Gewebes entstandenen Lücken (*l*) entsprechen nun in ihrer Gröfse der Mächtigkeit der Markausbuchtungen: je breiter dieselben sind, je näher sie also schon den ihnen zugehörigen Knospen stehen, desto stärker erweist sich die radiale Zerklüftung. Im Gegensatz zum Markkörper sehen wir die Lücken (*l'*) in der Rinde sich

tangential hinziehen. Sie entstehen teils durch Abheben der peripherischen collenchymatischen Schichten von dem chlorophyllreichen Parenchym, teils aber auch durch Zerreifsen einzelner Parenchymzellen. Bemerkenswert ist, dafs sowohl die Lückenbildung in der Rinde als auch die Ausbildung des Lockerungsgewebes (*ph* und *lg*) auf derjenigen Zweigseite, welche die weitest herausgetretenen Bündel aufweist, viel mächtiger sind als auf der Gegenseite. Nunmehr erklärt sich auch der Umstand, dafs man bei der Untersuchung frostbeschädigter Zweige in der Regel eine Seite stärker angegriffen findet als die anderen. Der nächstliegende Schlufs, dafs der Frost einseitig stärker gewesen, ist meist irrtümlich. Denn wenn man in Serienschnitten eine Anzahl übereinanderstehender Internodien untersucht, wird man sich überzeugen, dafs bald die eine, bald die andere Seite desselben Zweiges stärkere Frostbeschädigung aufweist, je nach der Stellung des Auges, in dessen Nähe der Schnitt ausgeführt worden ist. Je näher einem Auge, desto stärker die Frostwirkung in der Achse.

Die im Vorstehenden geschilderten Gewebestörungen und Heilungsvorgänge konnten nach mehrfach vergeblichen Versuchen endlich im Frühjahr 1905 auch künstlich dadurch hervorgerufen werden, dafs Topfexemplare von 4—5 jährigen Eichen in einem Glashause schon im April zum Austreiben gebracht wurden und diese weichen Triebe im Mai in einem Gefrierzylinder während einer Nacht einer Kälte bis — 4° C ausgesetzt blieben. Die Töpfe wurden darauf im Freien belassen und Mitte Juni untersucht. Gerade so wie bei den im Vorjahre gemachten Beobachtungen an natürlich erfrorenen Eichen zeigten auch hier die frostverletzten Zweige die verschiedenartigsten Störungsformen und darunter auch solche, welche typisch den oben geschilderten natürlichen Beschädigungen glichen. Nur waren die Heilungsvorgänge, die hier deutlich von den Markstrahlen aus ihren Anfang nahmen, von viel geringerer Mächtigkeit, was wohl darauf zurückzuführen ist, dafs Topfexemplare sich stets schwächlicher und langsamer entwickeln als im freien Grunde wachsende Waldbäume. Auch wurde die Beobachtung gemacht, dafs die Gewebezerklüftungen um so geringer erschienen, je älter und stärker der Zweig bereits zur Zeit der Frostwirkung war. Ich schliefse daraus, dafs nur dann die Frostbeschädigungen zur Parenchymholzbildung innerhalb eines Jahresringes führen, wenn sie ganz jugendliche, weiche Zweige zur Zeit des kräftigsten Längenwachstums treffen; aufserdem mufs nach der Frostnacht günstige warme Witterung vorhanden sein, so dafs die Zellvermehrung in der früheren Intensität vor sich gehen kann. Das Baumaterial in Form der mobilisierten Reservestoffe ist im frostbeschädigten Zweig in derselben Menge wie vor der Frostwirkung vorhanden; aber die neu entstehenden Zellelemente erlangen dadurch eine andere Ausbildung, dafs durch die Lockerungserscheinungen infolge der Frostnacht die Spannungsverhältnisse in der Achse und damit der Druck auf das Cambium andere geworden sind.

Die Theorie der mechanischen Frostwirkung.

Die bei den bisher geschilderten natürlichen und künstlichen Frostbeschädigungen junger Zweige zutage getretenen Erscheinungen lassen, so wechselvoll sie sind, sich auf einfache, mechanische Vorgänge zurückführen. Wir halten uns dabei an die vorige Abbildung

des Eichenzweiges, an der wir sehen, dafs der fünfseitige Holzring, der die Markscheibe umkränzt, plötzlich in eine helle Zone weichen Gewebes (*lg*) übergeht, und dieses nach der Peripherie hin allmählich wieder derbere Elemente bildet, die den Charakter des normalen Holzes (*h*) besitzen.

Zur Orientierung über den Ursprung des Lockerungsgewebes dienen die Abbildungen *2—6* in Fig. 149, welche vergröfserte, Zelle für Zelle gezeichnete Partien von der rechten Seite der vorigen Figur (148) aus der zwischen *lg* und *b* gelegenen Region des Schnittes darstellen. Bei allen Bildern ist die obere Kante die markwärts gerichtete, die untere ist die nach der Rinde hin gewendete und teilweise sogar (Fig. 149, Abb. *2, 4, 6*) schon Rindenelemente selbst aufweisende. Die obersten, teilweise mit *h* bezeichneten Zellgruppen bilden die Grenze des vor der Frostwirkung vorhanden gewesenen Holzringes, und diese gehen unvermittelt in das dünnwandige Gewebe (*lg*) des Lockerungsstreifens über (Fig. 149, *2, 3*). Dabei werden die im normalen Holz nur 1—2 Zellen breiten Markstrahlen (Fig. 149, *5 ms*) ausgeweitet und unregelmäfsig vielzellig und ziehen sich erst wieder zu ihrer früheren Breite zusammen, wenn das lockere Gewebe in das sekundäre Holz (Abb. *2, 3, h'*) mit regulären Gefäfsen *g'* übergeht. Dann bildet sich auch wieder eine normale Cambiumzone (Fig. 149, *2 c*) aus, welche in der Zeit, in der die Markstrahlen wuchernd sich verbreiterten, unkenntlich geworden war, da die Zellteilungen gänzlich unregelmäfsig in verschiedenen Regionen des Lockerungsringes stattfanden. Sobald wieder eine reguläre Cambiumzone sich einzurichten beginnt, differenziert sich auch das gelockerte Rindengewebe derart, dafs nun jugendliche Bastgruppen (Fig. 149, *4 b*, und *6 b, b'*) wieder erkennbar werden.

Durch den Umstand, dafs zwischen dem vor der Frostwirkung ausgebildeten Holze (*h*) und dem Lockerungsgewebe (*lg*) keinerlei tote Gewebestellen sich vorfinden, wird bewiesen, dafs das jugendliche Holz, der Splintring, direkt in das Parenchymholz des Lockerungsringes übergegangen ist. Dieses Parenchym hat also immerhin seine Zugehörigkeit zum Holzkörper bewahrt, und daher ist es nicht erstaunlich, dafs nach dem Aufhören der Ursachen, welche diese parenchymatische Holzbildung veranlafst hatten, das Gewebe allmählich wieder den normalen Holzcharakter annimmt und sich zur Bildung eines sekundären Holzringes (Abb. *2* und *3 h'*) anschickt. Ja, einzelne Elemente des Splintes, die zurzeit der beginnenden Parenchymholzbildung schon in ihrer Verdickung etwas weiter vorgeschritten waren, haben ihre Wandverdickung weiter fortgesetzt, und daher finden wir einzelne tracheale Elemente (Fig. 149, *4 tr*) mitten in dem Parenchymholze.

Die Lockerungszone (*lg*) im Querschnitt des Eichenzweiges (Fig. 148) ist also nur ein modifizierter Holzring, der in übermäfsig reichliche Neubildung von Zellen übergegangen ist. Da eine solche Zellvermehrung lediglich von Elementen ausgehen kann, die noch ihre cambiale Natur besitzen, mufs notwendig geschlossen werden, dafs die allerjüngsten cambialen Holzelemente, also der Splint, das Parenchymholz hervorgebracht haben. Selbstverständlich haben das eigentliche anatomische Cambium nebst der Jungrinde an dieser Zellvermehrung teilgenommen, und auf diese Weise ist ein so profuses Gewebe entstanden, bei welchem man nicht zu unterscheiden vermag, wo der Übergang vom Holz zur Rinde sich befindet.

Wir fragen nun, was die Veranlassung zur Bildung dieser profusen



Fig. 149. Zellgruppen aus der Übergangsregion des normalen Holzringes in den durch Frost hervorgerufenen Lockerungsstreifen aus Parenchymholz. Entnommen aus der Zone *lg—b* von Fig. 148. *z* in Abb. *2* und *5* zeigt die Zickzacklinien mit ihren verquollenen Zellwandungen. (Orig.)

Gewebezone gewesen sein mag? Die Antwort kann nur lauten, dafs der schnürende, pressende Einflufs, den der Rindengürtel in seiner Gesamtheit auf die jüngsten Gewebe, also die cambiale Region normalerweise ausüben mufs, durch irgendeine Ursache aufgehoben oder doch äufserst geschwächt worden ist.

Auf diese Ursache werden wir durch die Lücken im Rindengewebe (Fig. 148 *l'*, rechts) hingewiesen. Solche tangentiale Lücken im gesunden Gewebe kommen dadurch zustande, dafs das oberhalb der Lücke liegende Gewebe sich von dem unteren abgehoben hat. Es kann sich aber nur abheben, wenn es auf diesem darunter befindlichen Parenchym nicht mehr Platz hat, also tangential eine gröfsere Ausdehnung wie früher erlangt hat. Mithin hat in diesen äufseren Gewebelagen ein stärkerer tangentialer Zug stattgefunden, als in den nächst inneren Rindenschichten.

Nun erinnere man sich an die Caspary'schen Messungen beim Gefrieren. Es ziehen sich die peripherischen Schichten früher und stärker zusammen als die zentralen. Dieses Zusammenziehen bei der Kälte ist in der Richtung der Tangente stärker als in der des Radius und in dem weichen Parenchym stärker als im prosenchymatischen Holzkörper. Mithin mufs bei der Frostwirkung überall innerhalb einer holzigen Achse ein Überwiegen des tangentialen Zuges über das radiale Zusammenziehen stattfinden und unter Umständen sich bis zur radialen Zerklüftung des Gewebes steigern.

Wenn der Holzring zunächst isoliert gedacht wird, so mufs dieses überwiegend tangentiale Zusammenziehen notwendig an den Stellen des geringsten Widerstandes zu solchen Zerklüftungen führen, die den klaffenden Frostspalten an alten Stämmen entsprechen. Es müssen also aus rein mechanischen Gründen innere radiale Zerklüftungen zustande kommen, und zwar in den Markstrahlen und Markbrücken. Solche zeigt tatsächlich die Abbildung des durch natürlichen Frost beschädigten Eichenzweiges (Fig. 148).

Betrachten wir jetzt den primären Holzring in seinem Verhältnis zu dem ihm anliegenden Rindengürtel, so haben wir auf die Tatsache zurückzuweisen, dafs der Rindengürtel, dessen peripherische Zellen schon an sich in der tangentialen Richtung gröfser sind als in der radialen, sich nun tangential auch stärker zusammenzieht, also in dieser Richtung während der Frostwirkung stark gezerrt wird. Läfst der Frost nach, hört zwar diese Zerrung auf, aber ihre Folgen bleiben. Denn das Gewebe ist zwar dehnbar, aber nicht absolut elastisch, und geht daher nicht vollkommen auf sein früheres Volumen zurück. Dadurch hinterläfst jede Frostwirkung eine Überverlängerung der peripherischen Gewebelagen gegenüber den benachbarten mehr nach innen liegenden Schichten. Der Rindenkörper in seiner Gesamtheit ist also länger geworden und hat entweder auf dem Holzzylinder nicht mehr Platz und hebt sich stellenweise von demselben ab, oder aber er wölbt sich wenigstens mehr nach aufsen vor, d. h. vermindert seinen schnürenden Einflufs auf die cambialen Elemente des Holzzylinders.

Darauf antwortet die cambiale Zone durch Parenchymholzbildung, wie wir bei jeder Wunde sehen, bei der die Rinde gelüftet wird. Schliefst sich der Rindengürtel wieder zu einer zusammenhängenden Schicht, hat auch der Cambiumzylinder des Zweiges bei seinem Dickenwachstum den schnürenden Einflufs der Rinde wieder zu überwinden und bildet daher wiederum normale Holzelemente.

So fällt also die Bildung parenchymatischer Holzbinden innerhalb der jugendlichen Achse unter dasselbe Gesetz der ungleichen Zusammenziehung, das bei alten Stämmen zur Entstehung der klaffenden Frostspalten führt.

Die Cuticularsprengungen.

Bei den im vorigen Abschnitt erwähnten Versuchen mit Topfexemplaren von früh angetriebenen Eichen wurde die bisher unbekannte Tatsache festgestellt, dafs an oberflächlich leicht gebräunten oder auch noch grünen, also sicherlich noch wenig irritierten Blättern unterseits eine vielfach unterbrochene, schwarze, äufserst zarte Saumlinie sich einstellt, die den Eindruck macht, als ob stellenweise feinste Rufsteilchen sich angesetzt hätten. Bei stärkerer Vergröfserung erkennt man nun, dafs diese Saumlinie aus kleinen Abschülferungen der äufsersten Cuticulardecke besteht, welche durch ihren körnigen Zerfall die Luft festhält und dadurch schwarz erscheint. Wurde das Blatt durch Schwefelsäure zerstört, wobei es wurmförmig sich krümmte und die Epidermis der Oberseite sich stellenweise blasig abhob, dann blieben die körnigen Häufchen zurück.

Es stimmt dieser Befund mit den Wahrnehmungen überein, die wir bei der Buche früher nach natürlichen Spätfrösten beobachtet hatten und auch bei Eichen im Freien nachweisen konnten. Zum Zustandekommen derartiger kaum merkbarer Cuticularsprengungen müssen übrigens noch besondere Umstände mitwirken, die hier im Versuch zufällig vorhanden gewesen, aber bei anderen Versuchen und in der freien Natur nicht immer wirksam zu sein scheinen. Denn in manchen Lokalitäten konnte man bald nach Spätfrösten solche verletzte Eichenblätter finden, in anderen aber nicht. Wahrscheinlich gehört ein bestimmter Turgescenzzustand des Blattes dazu, und dieser wird wieder von der jedesmaligen Beschaffenheit des Zellinhaltes abhängig sein.

Einen Begriff von den feinen Unterschieden, welche bei Frostbeschädigungen ausschlaggebend sind, erhält man schon durch die Beobachtung, dafs mitten in dem sonst wenig oder nicht erkennbar beschädigten Mesophyll eines Blattes sich frostverletzte, absterbende Gewebeinseln bisweilen vorfinden. Dafs im Versuch nur auf der Unterseite der Blätter diese Cuticularbrüche aufgetreten, ist vielleicht auf eine abweichende Beschaffenheit gegenüber der oberseitigen Cuticulardecke zurückzuführen; denn man sah bei Einwirkung von Schwefelsäure die obere Decke sich leuchtend zitronengelb färben, während dieser Farbenton bei der unterseitigen Cuticula kaum wahrnehmbar war.

Ich möchte der Entdeckung, dafs durch leichten Frost unter Umständen Sprengungen der Cuticularglasur entstehen können, einen besonderen Wert zuweisen. Bei anderweitigen Brüchen der Cuticula (an Kernobstfrüchten) sah ich in der Bruchfurche Pilzsporen liegen, und es dürfte daher sehr nahe liegen, anzunehmen, dafs solche Pilzsporen in dieser geschützten Lage am besten Gelegenheit haben, zu keimen und ihre Keimschläuche in das Organ einzusenken. Auf diese Weise würde sich also erklären, weswegen gänzlich gesund aussehende Blätter und Früchte nach leichten Frühjahrsfrösten später einer Pilzinfektion anheim-

fallen. Hierher zu ziehen wären Mitteilungen von VOGLINO[1]), der 1903 nach Aprilfrösten gerade an den frostbeschädigten Pflanzen die pilzlichen Parasiten in besonders starker Ausdehnung auftreten sah.

Es erklärt sich nun auch die Erscheinung der sogenannten Rostzeichnungen in zusammenhängenden Ringen und unregelmäfsigen Flächen auf unserem Obste. Es sind Korkbildungen, welche infolge der Heilungsvorgänge bei Cuticularbrüchen sich eingestellt haben, während die normalen Korkzeichnungen der Früchte von den Spaltöffnungen bzw. Lenticellen auszugehen pflegen.

Frostschutzmittel.

a) Die Schneedecke.

Das allgemein angewendete Verfahren, Pflanzen gegen Frost zu schützen, besteht darin, dafs man dieselben mit möglichst schlechten Wärmeleitern umgibt. Man bedeckt die Weinstöcke, Rosen usw. mit Erde oder Laub oder bindet die Stämme in Moos, Stroh u. dgl. ein. Alle diese Mittel sind gut. Man versäume aber nicht, in kalten Wintern mit mäfsigem Schneefall auch den Schnee aus den Wegen auf die eingebundenen Pflanzen zu werfen. Es ist allseitig bekannt, dafs eingebundene Stämme, z. B. von Rosen, oft erfrieren, und dieser Umstand wird erklärlich, wenn man mit einem Thermometer die Temperatur unter dem Deckmaterial untersucht; diese ist nur wenig von der äufseren Lufttemperatur abweichend. Untersucht man dagegen den Boden unter einer vielleicht nur 15 cm hohen Schneedecke, so findet man denselben ganz bedeutend wärmer. GÖPPERT's Untersuchungen[2]) geben auch über diesen Gegenstand die schönsten Belege. Im Februar 1870 war die Temperatur sehr niedrig; das Thermometer sank am 4. auf durchschnittlich — 12,6°, und dabei war die Temperatur unter einer 10 cm hohen Schneedecke — 3°. Der Lufttemperatur

von	— 14,7°	am 5./2.	entsprach eine Temperatur unter dem Schnee von	— 4,6°
„	— 17,6°	„ 6./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 5°
„	— 16,7°	„ 7./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 5,5°
„	— 16,7°	„ 8./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 6,5°
„	— 15,4°	„ 9./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 6°
„	— 14,9°	„ 10./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 6°
„	— 15,8°	„ 11./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 5°
„	— 5,7°	„ 13./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 2°
„	— 2,8°	„ 16./2.	„ „ „ „ „ „ „	— 1,5°

Der Boden selbst war unter der Schneedecke 36 cm tief gefroren, aber die Temperatur desselben selbst an dem kalten 5. Februar in 5 cm Tiefe nur — 1°.

Sprechendere Beweise für den Nutzen der Schneedecke dürften kaum zu finden sein. Es erklärt sich daraus die Möglichkeit der Polarvegetation. Die höchsten bis jetzt beobachteten Kältegrade der Polarzone (— 40 bis 47°) wirken nur auf die über den Schnee hervorragenden Stämme der Bäume, nicht auf die Wurzeln dieser Stämme und ebensowenig auf die perennierenden, krautartigen Gewächse. Diese befinden sich im Boden in einer nur einige Grade unter 0° betragenden Temperatur der Schneedecke, welche zwar nicht das Gefrieren, wohl aber den

[1]) VOGLINO, P., L'azione del freddo sulle piante coltivate, specialmente in relazione col parassitismo dei funghi. Atti Accad. di Torino XLVI.

[2]) Bot. Zeit. 1871, Nr. 4, S. 54.

Wärmeverlust durch Strahlung, das Eindringen hoher Kältegrade und eine schnelle Abwechslung der Temperatur verhindert. Aber auch bei uns ist öfter, als wir denken, die Existenz mancher Kulturen an die Schneedecke gebunden. Das Erfrieren der Saaten würde viel häufiger eintreten, sobald ein langer, feuchter und warmer Herbst die Pflanzenentwicklung begünstigt, wenn nicht die Schneedecke sich auflegte, welche die Strahlung und die in unseren Breiten so häufigen starken Temperaturschwankungen abhält. Wir sehen oft genug, wie leicht die ungenügend geschützten oder blofsliegenden Pflanzenteile dadurch erfrieren, dafs plötzlich auftretender starker Sonnenschein sie trifft. Der in der Kältestarre befindliche, von der Wandung zurückgezogene, wasserärmere Zellinhalt gewinnt nicht Zeit, sich durch Wasseraufnahme wieder auszudehnen, in normale Wechselwirkung mit der Zellwand und dadurch mit der Umgebung zu treten, und damit ist die Desorganisation der Zelle eingeleitet. Das sind die Vorgänge, die namentlich bei Frühjahrsfrösten eintreten und die Kulturen der Gärtner besonders benachteiligen.

b) Die Verwendung des Wassers.

Namentlich bei krautartigen Gewächsen, die plötzlich vom Frost überrascht werden, hilft man sich durch Begiefsen der hartgefrorenen Pflanzenteile mit recht kaltem Wasser und Einrichtung einer Beschattung. Das Wasser auf den Pflanzen gefriert dann zu einer Eiskruste; hierdurch wird die Temperatur der Pflanze selbst langsam auf 0° erhöht und kann nun von dieser Temperatur an nach dem Auftauen der Kruste sich allmählich weiter erwärmen.

Auf demselben Prinzip der allmählichen Erwärmung beruht das Einschütten angefrorener Kartoffeln und Rüben in Bottiche mit kaltem Wasser und das Zusammenwerfen gefrorener Kohlköpfe in Haufen, die mit Strohmatten bedeckt werden.

Gegen die Nachtfröste im Frühling und Herbst, wo es vorkommen kann, dafs die Lufttemperatur gar nicht bis auf 0° sinkt, die Pflanzen aber durch Ausstrahlung gegen den heiteren Himmel unter 0° erkalten, sich mit Reif bedecken und erfrieren, schützt man dieselben durch Mittel, welche die Strahlung hemmen. Man spannt Decken und Matten über die Pflanzen; auch sehr dünne Tücher sind hier schon von Wirkung, und bei Mangel an Deckmaterial ist das dünne Belegen mit Reisig hier ganz am Platze. Auch senkrechte Wände erweisen sich häufig als vortreffliches Frostschutzmittel; sie wirken einerseits dadurch, dafs sie die Winde abhalten und andrerseits dadurch, dafs sie die Ausstrahlung der Pflanzen vermindern. Bei Spalierbäumen an Mauern oder Holzwänden kommt aus der ganz bedeutend verminderten Ausstrahlung des Baumes auf der der Wand anliegenden Seite auch noch hinzu, dafs die Wand selbst ihre gespeicherte Wärme allmählich abgibt.

Weniger wirksam, jedoch nicht ganz zu verwerfen, ist ein von alten Schriftstellern empfohlenes, bei Gartenkulturen anwendbares Frostschutzmittel im Frühjahr. Der Stamm von Bäumen wird mit einem Strohseil umwickelt, dessen eines Ende in Wasser taucht. Über Beete blühender Frühjahrsblumen werden kreuz und quer in einiger Entfernung von der Bodenoberfläche Stroh- und Wergseile gezogen, deren Enden in einem Gefäfs mit Wasser durch einen Stein festgehalten werden.

Zur Erklärung einer günstigen Wirkung dieses Verfahrens wird

man an die grofse latente Wärme des Wassers denken müssen. Wenn das Wasser in den vollgesogenen Strohseilen gefriert, wird Wärme frei, die den darunter liegenden Pflanzenteilen insofern zum Vorteil gereicht, als dadurch das Vordringen der Kälte zu den Pflanzen verzögert wird. So gefrieren auch die Pflanzen in der Nähe gröfserer Wasserflächen weniger leicht. Ein Mittel, welches Gärtner mit Erfolg bei Topfkulturen zur Zeit, wo Nachtfröste zu befürchten sind, anwenden, besteht in der Verminderung des Giefsens, damit das Gewebe der Pflanze weniger wasserreich dem Frost entgegentritt. Eine reichlichere Verdunstung entzieht der Pflanze mehr Wärme, und somit werden stark begossene Pflanzen sich mehr abkühlen als weniger turgescente.

c) Die Windwirkungen.

Auch Winde können günstig wirken, insofern als ein Sturm bei warmer Witterung beginnt, somit die Verdunstung sehr stark beschleunigt und das Gewebe wasserärmer macht. Umgekehrt werden windarme Regenperioden die Gefahr des Erfrierens steigern. Experimentelle Beweise liefern die von Aderhold[1]) ausgeführten Versuche mit künstlicher Beregnung. Von je sechs Exemplaren von Birnen, die mehrere Monate im Sommer in einer Regenzelle aufgestellt waren, erwiesen sich nach einem Winterfrost fünf Exemplare völlig und eines teilweise erfroren, während bei den Vergleichstöpfen, die in einer Trockenzelle gestanden hatten, nur zwei erfroren und vier unbeschädigt waren.

Indes lassen sich betreffs der Windwirkung keine allgemeinen Regeln aufstellen. Jede Lokalität hat ihre besonderen Ansprüche. Wenn beispielsweise gesagt worden ist, dafs Winde günstig wirken, so bezieht sich dies nur auf solche Fälle, wo es sich nicht um dauernde Windwirkung handelt, wie sie an sandigen Küsten auftritt. Dort wird das Verhalten der Wurzeln ausschlaggebend, die, selbst wenn sie nicht erfrieren, doch kein Wasser mehr aufnehmen, wenn die oberirdischen Teile noch stark verdunsten. Es können dann Gehölze geradezu vertrocknen. In dieser Beziehung sind die Erfahrungen von Höfker-Dortmund[2]) sehr beachtenswert. Derselbe schützt weniger die oberirdischen Teile, aber bedeckt den im Herbst um seine Gehölze gelockerten Boden mit Dünger oder feuchtem Torfmull und begiefst sogar die immergrünen Sträucher an sonnigen Frosttagen. Durch die Deckschicht tritt der Frost nicht tief ein, und die Wurzeln können den oberirdischen Teilen stets Wasser zuführen. In Schmuckanlagen, wo man reichlich die feineren Coniferen verwendet, scheint es in stark windigen Lagen vorteilhafter zu sein, die blaugrünen Formen zu verwenden anstatt der reingrünen Stammarten. Es wird nämlich behauptet, dafs erstere widerstandsfähiger sind.

Ferner wende man seine Aufmerksamkeit dem Umstande zu, dafs die Basis der Gehölze, die vielleicht durch Moosvegetation, Laubanhäufung, Waldstreu und dergl. das ganze Jahr über geschützt gewesen ist, nicht im Herbst durch Säuberungsarbeiten und dergl. freigelegt wird. Man hat nämlich gefunden, dafs Pflanzenteile, welche

---

[1]) Aderhold, R., Versuche über den Einflufs häufigen Regens auf die Neigung zur Erkrankung von Kulturpflanzen. Arb. aus der Kais. Biol. Anst. f. Land- u. Forstwirtschaft. Bd. V, Heft 6 (1907)

[2]) Höfker, Windschutz und Winterschutz. Prakt. Ratgeber i. Obst- u. Gartenbau 1907, S. 61.

geschützt (durch Boden oder Laubwerk) erwachsen sind, Säfte besitzen, die leichter erfrieren als die von dauernd in der Luft befindlichen Teilen. Für Sellerie, Möhre, das Herz der Kohlköpfe hat dies Sutherst[1]) nachgewiesen. Aufserdem wird, selbst wenn die Beschaffenheit des Zellsaftes nicht mitspricht, mindestens der Wassertransport in den ihrer schützenden Umgebung beraubten und daher schneller sich abkühlenden Wurzel- und Stammkörpern vermindert und die Gefahr des Vertrocknens erhöht[2]).

Das Belassen toter Pflanzenreste (Laub, Grasbüschel, vorjährige Blütenstiele und dergl.) auf Saatbeeten und Stauden bis zum späten Frühjahr hin ist eine Mafsregel, deren Wichtigkeit nicht genügend gewürdigt wird. Es handelt sich nämlich dabei nicht nur um deren Einflufs als Frostschutzmittel, sondern auch als Schutz gegen das Vertrocknen durch Frühjahrswinde. Wir können fast alljährlich die Erfahrung machen, dafs Pflanzen gut durch schwere Winter gekommen sind und wintergrüne Gewächse ihr Laub behalten haben. Wenn aber wenige Tage nach der Entfernung des Schnees windiges, helles Wetter eintritt, vertrocknen die bis dahin noch saftig gewesenen Blätter. Möglicherweise tritt bei dieser schnellen Austrocknung der Gewebe eine ähnliche Veränderung der Eiweifsstoffe im Protoplasma ein, wie sie neuerdings Gorke[3]) als Frostwirkung nachgewiesen hat. Die Folge ist bei manchen Gewächsen eine vollständige Schüttekrankheit, die dort unterbleibt, wo durch vorjährige Vegetationsreste ein Schutz geboten wird. Unsere gewöhnlichsten überwinternden Blütenstauden, Getreidesaaten, Gehölzsaaten usw. gehen manchmal erst im Frühjahr durch Vertrocknen zugrunde.

d) Die Schmauchfeuer.

Alle diese Vorbeugungsmethoden lassen sich in der Landwirtschaft im grofsen nicht anwenden, wohl aber dürfte das Mittel noch mehr Beachtung des Landwirts verdienen, welches Mayer[4]) aus der Vergessenheit hervorgezogen hat, nachdem es früher von Göppert[5]) und Meyen[6]) schon wiederholt anempfohlen und durch Beispiele gestützt worden war. Man zündet nämlich mehrere Feuer, die recht viel Rauch entwickeln, auf den Grundstücken, bei denen man Frostbeschädigungen fürchtet,

[1]) Sutherst, W. F., Der Gefrierpunkt von Pflanzensäften. Biedermanns Centralbl. 1902, S. 401.

[2]) Kosaroff, P., Einflufs verschiedener äufserer Faktoren auf die Wasseraufnahme der Pflanzen; cit. Just's Jahresbericht 1897, I, S. 75.

[3]) Gorke, H., Über chemische Vorgänge beim Erfrieren der Pflanzen. Landwirtschaftliche Versuchsstationen LXV, 1906, S. 149; cit. Bot. Centralbl. 1907, Bd. 104, S. 358. — Der Verfasser sieht die Ursache des Kältetodes darin, dafs durch die Eisausscheidungen der Zelle der Saft eine so konzentrierte Salzlösung allmählich darstellt, dafs eine Aussalzung der löslichen Eiweifskörper erfolgt. Er stützt seine Ansicht auf Versuche mit Prefssäften aus gesunden und erfrorenen Pflanzenteilen. Frischer Pflanzensaft enthielt wesentlich mehr filtrierbare Eiweifsstoffe als gefroren gewesener. Der Kältegrad, bei dem im Prefssaft eine Eiweifsfällung eintritt, ist bei den einzelnen Pflanzenarten ungemein verschieden; bei Sommergerste und -roggen schwankt er zwischen — 7 bis — 9°, bei Wintergerste und -roggen zwischen — 10 bis — 15°, bei Nadeln von *Picea excelsa* beträgt er — 40°. Auch Reaktionsänderungen können beim Erfrieren mitwirken. Die Phosphorsäure beispielsweise ist als Säure schwächer bei höherer Temperatur, stärker bei Abkühlung.

[4]) Lehrbuch der Agrikulturchemie 1871, I, S. 382.

[5]) Wärmeentwicklung 1830, S. 230.

[6]) Pflanzenpathologie 1841, S. 323.

an. Das Verfahren, das nach Boussingault in Oberperu von den alten Inka's eifrig ausgeübt worden sein und bei den alten Völkern mehrfach ausgedehntere Anwendung gefunden haben soll, wird jetzt auch wieder mehr zum Schutz der Weinpflanzungen benutzt. Nach Göppert bestrebten sich Olivier de Serres im Jahre 1639 und später Peter Hogström im Jahre 1757 die Wirksamkeit des Verfahrens durch Versuche festzustellen. In Württemberg existieren Verordnungen bereits vom Jahre 1796 und im Würzburgischen von 1803, nach welchen im Herbst bei eintretender Frostgefahr für die Weinberge Rauchfeuer angezündet werden müssen. In Schlesien wurde längere Zeit hindurch in Grünberg von diesem Mittel Gebrauch gemacht; es wurde aber, trotzdem es 20 Jahre hindurch von einem Besitzer mit Erfolg angewendet worden, aus Mangel an allgemeiner Beteiligung wieder aufgegeben. Die allgemeine Beteiligung einer Gegend ist aber nötig, da sonst häufig ein einzelner dem Nachbar, auf dessen Felder der Wind den Rauch hintreibt, einen Dienst erweist, ohne Gegendienste zu erhalten. Besondere Vorschriften für diese Schmauchfeuer sind nicht nötig. In klaren Nächten, namentlich gegen Morgen vor Sonnenaufgang, werden die Feuer angezündet und durch feuchte Abfälle, Moos, Stroh usw. genährt, wobei man eben Sorge trägt, daſs möglichst dichter Rauch über die Felder hinziehe.

Natürlich wirkt hier nicht die durch das Feuer erzeugte Wärme, welche schon in geringer Entfernung vom Herde der Flamme nicht nachweisbar sein wird, wohl aber wirkt der Rauch, wie bei dem Gärtner die über die Pflanzen gebreitete Bastmatte, oder wie eine Wolkendecke, indem er die zu groſse Abkühlung durch Strahlung verhindert. Durch Tyndal's Entdeckungen wissen wir, daſs eine Anzahl Stoffe, wie Kohlenoxydgas, Kohlensäure, Sumpfgas, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und ätherische Öle in äuſserst feiner Verteilung in der Luft die Fähigkeit derselben, Wärmestrahlen durchzulassen, auf ein oft sehr geringes Maſs reduzieren. Dieselbe Fähigkeit besitzt nun auch der Wasserdampf[1]), von dem Tyndal feststellte, daſs er eine 15 mal gröſsere Wärmemenge auffing als von der ganzen (unreinen) Luft, in der er verteilt war, aufgehalten wurde. Der Vorgang ist also folgender: Am Tage sendet uns die Sonne ihre Wärme in leuchtenden und dunklen Wärmestrahlen, die der Boden teilweise reflektiert, gröſsenteils aber absorbiert und so lange hält, bis die Luft kälter wird wie er selbst. Tritt dieser Zustand ein, sucht sich das Gleichgewicht der Wärme dadurch herzustellen, daſs die Erde nun ihre Wärme in der Form dunkler Wärmestrahlen an den kalten Luftraum abgibt. Sind nun aber die unteren Luftschichten mit einem der obenerwähnten Gase oder mit Wasserdampf stark beladen, so nimmt der Wasserdampf die vom Boden ausstrahlende Wärme in sich auf, anstatt sie durch sich hindurch in die oberen Regionen der Luft zu leiten. Wie groſs diese Wärmemenge ist, die von den unteren Luftschichten aufgefangen wird, zeigt Tyndal: „Betrachten wir die Erde als eine Wärmequelle, so werden zum wenigsten 10 % ihrer Wärme innerhalb zehn Fuſs von der Oberfläche aufgefangen.“ Durch diese Absorption der dunklen Wärmestrahlen bilden die unteren, wasserreichen Luftschichten einen schützenden Mantel um die Erde, die infolgedessen nicht so tief erkaltet. Der durch das Feuer erzeugte Rauch ist somit ein künstlicher Mantel voll Wasserdampf, der in Verbindung

[1]) Tyndal, Die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung. Deutsche Ausgabe von Helmholtz und Wiedemann 1867.

mit zum Teil noch unbekannten Destillationsprodukten die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die von der Ackerfläche ausgestrahlte dunkle Wärme vermindert.

Eine spezielle Aufzählung der in neuerer Zeit zum Zwecke der Raucherzeugung bei Frostgefahr zusammengesetzten käuflichen Räucherkerzen und -ziegel übergehen wir, da mit der fortschreitenden Technik immer neue Kombinationen auftreten werden. Es genügt der Hinweis auf die Existenz derartiger Artikel. Erwähnt werden mag nur, dafs neuerdings bei den Räucherungen der Weinberge man zur Vermeidung des Fortziehens der Rauchschlangen bei plötzlich umschlagendem Winde das Räuchermaterial auf Karren packt [1]). Am ausgebreitetesten soll die Anwendung der Räucherkarren in der Stadt Colmar sein, die einen seit 1884 wohl organisierten Räucherdienst ausgebildet hat. Colmar liegt in einer Ebene, und in Ebenen ist die Frostgefahr gröfser als in den höheren Lagen, wie sich beispielsweise 1903 bei den Frühjahrsfrösten in Florenz gezeigt hat, wo PASSERINI [2]) in 40 m Meereshöhe Obstbäume und Spargel stark beschädigt, aber 100 m höher ganz gesund fand. In Colmar werden eiserne Karren mit etwa 16 Liter flüssigem Teer beschickt und der Karren nach Anzünden des Teers auf den Feldwegen bis zum nächsten Posten (etwa 150 m Entfernung) hin und her gefahren. Bei $+ 1^0$ wird die Räuchermannschaft alarmiert und bei 0^0 mittels Flintenschusses das Signal zum Anzünden gegeben. In der Regel wird nachts zwischen 2 und 3 Uhr begonnen. Die allerdings hohen Kosten, welche der Stadtverwaltung durch den Räucherdienst erwachsen, werden durch eine Abgabe von den geernteten Trauben gedeckt.

Wir haben diesen speziellen Fall angeführt, weil wir glauben, dafs nur eine derartige Organisation durchgreifenden Erfolg haben kann.

Die Voraussage der Fröste.

Bei der Kostspieligkeit der Erzeugung von Schmauchfeuern zum Schutze der durch Spätfröste bedrohten Pflanzungen ist es natürlich von gröfster Wichtigkeit, annähernd vorher beurteilen zu können, ob Nachtfrost eintreten wird.

Es empfiehlt sich daher die Benutzung der von LANG (München) konstruierten Nachtfrostkurve, die auf Psychrometerbeobachtung beruht (s. Fig. 150). Wenn in den Nachmittagsstunden im Frühjahr die Temperatur sinkt und bei Windstille der Himmel klar wird, steigert sich die Wahrscheinlichkeit eines Nachtfrostes. Zur Benutzung beistehender Figur sind zwei empfindliche, genau übereinstimmende Thermometer notwendig. Die Quecksilberkugel des einen wird derart mit Gaze umwickelt, dafs das untere Ende der Umhüllung in Wasser taucht, also die Kugel stets eine nasse Decke hat. Dieses Thermometer wird infolge der ständigen Wasserverdunstung tiefer stehen als das daneben befindliche Instrument, welches die gewöhnliche Lufttemperatur anzeigt. Aus der Differenz dieser Temperaturen kann man die relative Feuchtigkeit und die Lage des Taupunktes berechnen, d. h. derjenigen Temperatur, bei deren Eintritt der in der Luft zurzeit enthaltene Wasserdampf als Tau, Nebel

[1]) BURGER, Räucherkarren. Prakt. Ratg. im Obst- u. Gartenbau 1906, S. 128.

[2]) PASSERINI, N., Sui danni prodotti alle piante dal ghiacciato dei giorni 19/20 aprile 1903. Bull. soc. botan. ital. 1903, S. 308.

oder Regen ausgeschieden wird. Damit aber diese Wasserdampfniederschläge als ein schützender Mantel gegen die durch Ausstrahlung erzeugte Frostgefahr wirksam werden, mufs die Tau- und Nebelbildung bei Temperaturen über Null erfolgen, also der Taupunkt über Null liegen. Ist dies nicht der Fall und die Luft trocken, so ist Nachtfrost zu erwarten.

Die mechanische Handhabung würde also folgende sein. Man lese zunächst den Stand des trockenen Thermometers ab und berechne den Unterschied desselben von dem mit der nassen Kugel. Der Stand des trockenen Thermometers wird auf der wagerechten Linie und die gefundene Differenzzahl auf der senkrechten Skala aufgesucht. Schneiden

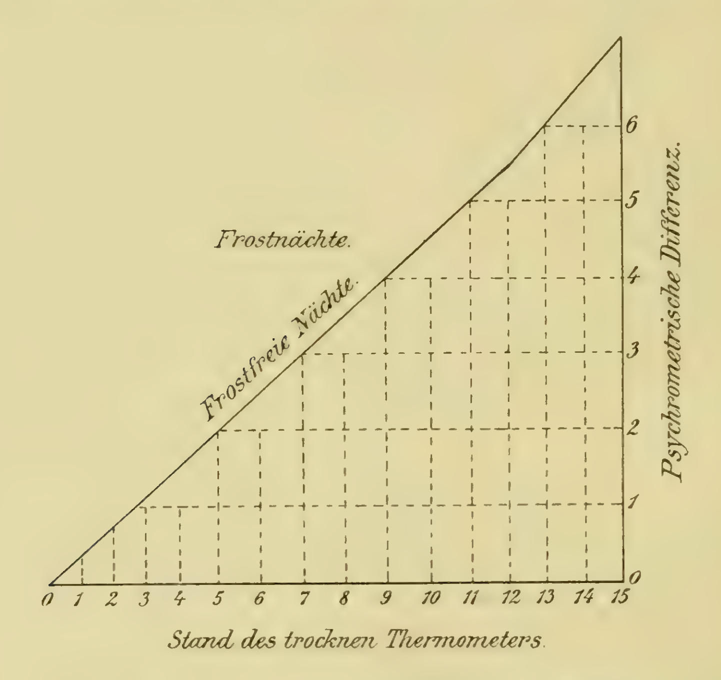


Fig. 150. Nachtfrostkurve nach Dr. Lang, München.

sich nun die beiden von den betreffenden Skalenpunkten ausgehenden Linien rechts von dem gebogenen Strich, welcher die Nachtfrostkurve darstellt, also noch innerhalb des Gitterwerks der Skalenlinien, so ist kein Nachtfrost zu befürchten. Wenn aber der Schnittpunkt erst links von der Hypotenuse des Dreiecks, also aufserhalb des Gitterwerkes auftreten würde, ist mit Bestimmtheit Nachtfrost zu erwarten, falls nicht plötzlich die Witterung umspringt und warme Luftströmungen, Nebel- oder Wolkenbildung veranlassen. Finden wir beispielsweise nachmittags am trockenen Instrument 8° C und am feuchten Thermometer 4° C, so ergibt sich eine Differenz von 4°. Der Schnittpunkt der senkrechten Temperaturlinie (8) mit der wagrechten Linie der Differenz von 4 würde aufserhalb des Gitterwerkes, nämlich links von der Nachtfrostlinie liegen, also wäre Nachtfrost wahrscheinlich.

Frosthärtere Obstsorten.

Je mehr wir erkennen, wie mannigfach die oft äufserlich unbemerkbaren und erst in ihren Nachwirkungen zur Geltung gelangenden Froststörungen sind, desto gröfseren Wert erlangt die Frage nach frostwiderstandsfähigen Obstsorten. Wenn wir aber die Erfahrungen der Obstzüchter miteinander vergleichen, stellt sich die Tatsache heraus, dafs die klimatischen Verhältnisse der einzelnen Gegenden den Charakter der Sorte derart zu modifizieren imstande sind, dafs eine hier als frosthart empfohlene Sorte dort durch frühere Entwicklung oder geringeres Ausreifen der Zweige frostempfindlich wird. Deshalb ziehen wir vor, die als frosthart empfohlenen Sorten für einzelne Gegenden zu nennen, wobei wir die Gegenden derart auswählen, dafs sie teils unter kontinentalem Klima stehen, teils vom Meere beeinflufst werden. Ausschlaggebend ist für diese Aufzählung die Blütenbeschädigung durch die Maifröste, weniger das Verhalten des Holzes, weil letztere Beschädigungen meist nur bei den selteneren strengen Winterfrösten in Betracht kommen, während die Blüten alljährlich der Gefahr des Erfrierens ausgesetzt sind.

Für die deutschen Kulturen beachtenswert ist der Unterschied zwischen Nordost- und Nordwestdeutschland. Im Osten macht sich der Einflufs von Rufsland durch die hereinbrechenden Spätfrostperioden ganz besonders in der Provinz Posen und in Oberschlesien geltend. Dennoch haben wir Erfahrungen zu registrieren, welche dartun, dafs selbst die empfindlicheren Birnen in gewissen Sorten noch in Posen gutes Tafelobst liefern. Radowski[1]) nennt von Winterbirnen, die sich selbst in ungünstigen Jahren noch bewährt haben: Josephine von Mecheln, Rihas Kernlose, Madame Verté, Winter Nelis, Neue Fulvie, Winter William und Dechantsbirne von Alençon.

In Oberschlesien haben sich bewährt[2]): Amanlis Butterbirne, Williams Christbirne, Gute Louise v. Avranches, Rote Bergamotte, Englische Sommerbutterbirne, Köstliche v. Charneu, Esperine, Napoleons Butterbirne, Neue Poiteau, Pastorenbirne und Diels Butterbirne.

Von Apfelsorten, die im Kreise Rybnik gut gediehen sind, werden hervorgehoben: Roter Astrachan, Charlamowsky, Kaiser Alexander, Weifser Klar-Apfel, Danziger Kantapfel, Hawthornden, Winter-Goldparmäne, Landsberger Reinette, Baumanns Reinette, London Pepping und Grofse Kasseler Reinette.

Ganz besonders warm empfohlen werden aus der Umgegend von Kosel die englischen Züchtungen: Lord Derby, The Queen, Lord Grovenor, Lane's Prince Albert, sowie Cellini, Hawthornden und Bismarck-Apfel. Geeignet für rauhe Lagen und Sandboden sind der Braunschweiger Milchapfel, Rote Astrachan und Charlamowski. Für die klimatischen Verhältnisse Mitteldeutschlands gut geeignet sind nach Mathieu: Weifser Astrachan, Charlamowski, Roter Eiserapfel, Kaiser Alexander, Roter Kardinal und in zweiter Linie: Roter Astrachan, Prinzenapfel, Baumanns Reinette und Boikenapfel. Bewährt haben sich von Birnen: Winter-Apothekerbirne, Barons B., Punktierter Sommerdorn, Grüne Magdalene, Kleine lange Sommermuskateller, Römische Schmalz-

---

[1]) Radowski-Schrimm, Winterbirnen für den Osten Deutschlands. Prakt. Ratg. i. Obst- u. Gartenb. 17. Dez. 1905.

[2]) Langer, G. A., Die Bedeutung der Obstsortenwahl für die örtlichen und klimatischen Verhältnisse. Deutsche Gärtnerz. 1905, Nr. 38.

birne, Sparbirne, Gute Graue und Erzherzogsbirne [1]). Obgleich bei Birnen die Gefahr der Frostbeschädigung besonders grofs ist, so darf man nicht nach einem Maifrost, der in die Blüte fällt, sofort verzagen. Die Erfahrung lehrt, dafs noch gute Ernten trotzdem manchmal erzielt worden sind, weil nur die offenen Blumen zu leiden pflegen und dann die später sich entwickelnden um so schönere Früchte bringen. Bei der Obstblüte ist aufser dem Frost ein anhaltender Regen besonders zu fürchten.

Im deutschen Klima durchschnittlich am besten sich bewährende Pflaumensorten sind: Königin Viktoria, Gelbe Mirabelle (von Metz), Doppelte Mirabelle von Nancy, unsere gewöhnliche Zwetsche und die Grüne Reineclaude.

Von Kirschen kommen trotz der frühen Blüte gut durch die Frosttage des Frühjahrs: Unsere gewöhnliche Sauerkirsche, Ostheimer Weichsel, Doppelte Glaskirsche, Grofse lange Lothkirsche und die Rote Mafskirsche.

Für das feuchtere Klima dürften in erster Linie solche Sorten in Betracht kommen, die in Schleswig-Holstein sich bewähren. Als solche werden genannt: der pfirsichrote Sommerapfel, Degener Apfel, Schöner v. Bath, Roter Juniapfel, Sommer-Gewürzapfel, Weifser Sommerkalvill, Williams Liebling, der aus den Ostseeprovinzen Rufslands stammende Weifse Klar-Apfel und die englischen Züchtungen Mr. Gladstone und Irish Peach (Sommer-Pfirsichapfel) [2]).

Die Mehrzahl der genannten Sorten gehören zu den Frühäpfeln, und wir glauben, dafs wir für die norddeutschen Verhältnisse besonders die Kultur der frühen Sorten empfehlen müssen. Sie stellen zwar meist nicht erstklassiges Obst dar, aber sie haben bei ihrer kürzeren Vegetationsdauer den Vorteil, ihr Zweigwachstum schneller abzuschliefsen und mit reiferem, also frosthärterem Holze in den Winter zu gehen. Bei der Neuanlange von Obstpflanzungen berücksichtige man vor allen Dingen diejenigen Sorten, die im verwandten Klima und ähnlichen Bodenverhältnissen sich bereits bewährt haben. Man vergesse z. B. nicht, dafs die für trocknes Klima passenden Sorten sich in solchen Gegenden schlecht zu entwickeln pflegen, welche unter dem Einflufs der See stehen, und umgekehrt.

Betreffs der Bodenverhältnisse ist darauf hinzuweisen, dafs solche Sorten, die sowohl auf leichten als auf schweren Böden gedeihen, doch am vorteilhaftesten aus Baumschulen bezogen werden, welche dieselbe physikalische Bodenbeschaffenheit haben wie die Örtlichkeit, auf welche die Bäume dauernd zu stehen kommen. Eine grofse Differenz zwischen dem Anzuchtsorte und der definitiven Auspflanzungslokalität bedingt leicht einen Stillstand im Wachstum, bis das Exemplar sich an die neuen Bodenverhältnisse gewöhnt hat. Am schwierigsten liegen die Verhältnisse für Moorböden, selbst wenn dieselben bereits durch Kalkung und Zufuhr von Asche oder Kainit und Thomasmehl verbessert worden sind. Stoll [3]) empfiehlt von Steinobst unsere gewöhnliche Sauerkirsche und (bei guter Kalkung) die Hauszwetsche. Von Äpfeln gedeihen: Schöner von Boskoop, Gelber Edelapfel, Doppel-

[1]) Jahresbericht d. Sonderausschusses für Pflanzenschutz 1900. Arb. d. D. Landw. Ges., Heft 60, S. 247.

[2]) Sorauer, Schutz der Obstbäume gegen Krankheiten. Stuttgart, Eugen Ulmer, 1900.

[3]) Stoll, Obstbau auf Moorboden. Proskauer Obstbauzeitung 1906, S. 182.

pigeon, Weifser Wintertaubenapfel, Boikenapfel, Orleans Reinette, Graue holländische Reinette, Parkers Pepping und Purpurroter Cousinot.- Gravensteiner, Prinzenapfel und Goldparmäne gedeihen wohl, aber neigen sehr zum Krebs.

Von Birnensorten wären nur zu nennen: die Gute Graue, Köstliche von Charneu und Grofser Katzenkopf. Von Beerenobst findet man Anpflanzungen von Stachel- und Johannisbeeren auf Moorboden.

Schneedruck und Eisanhang.

Wie es bei dem Hagel gewisse Gegenden gibt, die besonders häufig heimgesucht werden, so existieren auch, wenngleich aus anderen Ursachen, namentlich in Gebirgen, bestimmte Gürtel, in denen Verletzungen durch Schneedruck fast alljährlich sich einstellen. Aufserdem werden einzelne Lokalitäten in allen Gegenden mit reichlichem Schneefall als besonders gefährdet betrachtet werden müssen; es sind dies die Bodensenkungen, in welche der Schnee von oben oder den Seiten hineingeweht werden kann. Die gleichen Schneemassen wirken aber auch verschieden, je nach der Witterung, bei welcher sie fallen. Ist es sehr kalt und windig, dann sammelt sich selten so viel Schnee in dem Gezweige, dafs er Schaden bringen könnte; die Kristalle sind zu fein und kalt, um sich aneinander zu kitten. Wenn dagegen bei weichem, windstillem Wetter der Schnee in grofsen Flocken fällt und leicht zusammenballt, dann haftet er in grofsen Massen in den Baumkronen und biegt oder bricht die Äste.

Wenn die Bäume auf Abhängen stehen, bemerkt man zahlreichere Schäden auf den der Windseite entgegengesetzten Abhängen, in denen dann ganze Streifen von Bäumen geworfen werden können. Dies zeigt sich als einfache Folge des Schneedruckes, namentlich bei mildem Winterwetter und noch weichem, offenem Boden, während bei stärkerer Kälte der spröde Stamm eher gebrochen wird (Schneebruch). Verpflanzte Bäume mit flacher Wurzelkrone werden leichter als gut durch Pfahlwurzeln verankerte Exemplare geworfen. Vorzugsweise der Gefahr des Brechens ausgesetzt sind die wintergrünen Bäume, und unter diesen, wie es scheint, die Kiefer ganz besonders; die zäheren Holzarten, wie Tannen und Fichten, biegen sich mehr unter der Last und richten sich später wieder auf. Günstiger stehen die Laubhölzer dann da, wenn der Schnee zu einer Zeit massenhaft eintritt, in der sie ihr Laub verloren haben; Eiche und Buche, welche oft das Laub den ganzen Winter über halten, sind gefährdeter wie die anderen Hölzer, vorausgesetzt, dafs letztere nicht durch einen vorhergegangenen nassen und kühlen Sommer verhindert worden sind, in die Ruheperiode einzutreten und das Laub zu werfen. Auch hier wird die Sprödigkeit des Holzes für die Art der Beschädigung mafsgebend. Bei der Akazie sieht man an älteren Bäumen fast immer Ast- oder Stammbruch; auch Birke und Erle dürften öfter Bruch als Niederdrücken zeigen. BERNHARDT[1]) macht auch darauf aufmerksam, dafs sich die Widerstandsfähigkeit der Baumarten ändert, je nachdem sie einen ihren Ansprüchen angemessenen Standort haben. Für unsere Obstbäume kommt auch die Kronenbildung sehr in Betracht; namentlich bei Äpfeln mit ihren flachen, ausgebreiteten Ästen findet man ein förmliches Auseinanderspalten der

---

[1]) Waldbeschädigungen durch Wind-, Schnee-, Eis- und Duftbruch. Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen 1878, S. 29.

Kronen. Da, wo der natürliche Habitus des Baumes eine pyramidale Kronenbildung nicht zeigt, wird es sich empfehlen, durch künstliche Einwirkung die Entwicklung eines starken Mittelastes anzubahnen.

Bei dem in Hochgebirgen häufigen Lawinensturz ändert sich das Bild nach Baumart und Alter der Stämme. Dort, wo nur altes Holz steht, wird dasselbe in verschiedener Höhe gebrochen und wild und regellos durcheinander geworfen. In Waldungen mit Stämmen verschiedenen Alters werden die jungen Bäume teilweise nur niedergedrückt und eine Zeitlang im Schnee vergraben. Nach der Schneeschmelze richten sich derartige Bäume wieder etwas in die Höhe, bleiben aber in talabwärts geneigter Stellung und wachsen langsam weiter; sie haben meist nur noch auf der nach dem Tale hin gerichteten Seite fortwachsendes Gezweig, da die der rollenden Schneemasse entgegenstehenden Äste abgebrochen werden. In Laubwäldern entwickeln sich durch Wurzel- oder Stockausschlag krüppelige Büsche, welche das Aussehen haben, als ob sie durch Wildverbifs entstanden wären.

Des Einflusses der Schneedecke und des dieselbe begleitenden Frostes auf die Saaten ist in den früheren Kapiteln bereits Erwähnung geschehen; bezüglich der Temperaturänderungen des Bodens ist auf die Arbeiten von Wild und von Wollny[1]) zu verweisen. Das bei der Schneeschmelze entstehende Eiswasser wird, sobald es bereits ergrünte Wiesen und Saaten trifft, nicht ohne Einflufs bleiben können; denn Küster[2]) hat beispielsweise nachgewiesen, dafs bei Blättern von *Funaria* infolge Abkühlung durch Eiswasser eine Vakuolisation in den Chlorophyllkörnern eintritt, wobei die grüne Pigmentsubstanz in mondsichelartiger Form an die Peripherie der Vakuole zu liegen kommt.

Eisanhang. Die Schädigungen durch Eis, das sich an den Bäumen ansetzt, sind seltener. Eine schnell vorübergehende Inkrustierung durch Glatteis wird meist für ungefährlich gehalten; indes sind in der Praxis manche Stimmen laut geworden, welche der Auflagerung von Eis auf glattrindigen Zweigen und Stämmen die Entstehung von Brandflecken zuschreiben. Wenn man sich mit Nouel die Entstehung des Glatteises in der Weise vorstellt, dafs Regen, dessen Tropfen bereits unter 0° abgekühlt waren, bei dem Auffallen auf die Bäume durch die Erschütterung erstarren, so wird man nicht annehmen können, dafs die Kältewirkung des Eises störend wirkt. Nach den bei künstlichen Frostversuchen gesammelten Erfahrungen bin ich der Meinung, dafs der Glatteisüberzug durch Spannungsänderungen im beeisten Gewebe schädlich wirken kann. Bei ganz leichten Frühjahrsfrösten läfst sich konstatieren, dafs bei den krautartigen Trieben im Rindengewebe Spalten entstehen, ohne dafs tiefgehende Bräunung der Zellen stattgefunden hätte, also ohne dafs die chemische Wirkung des Frostes zur Geltung gekommen wäre. Solche Gewebeverletzungen sind auch bei Glatteis möglich, wenn dasselbe längere Zeit am Pflanzenteil fest haften bleibt und namentlich die bei Eintritt von Glatteis häufigen Temperaturschwankungen überdauert.

Von den gewöhnlichen Glatteisbildungen dürften zu unterscheiden sein, weil auf verschiedenen Bildungsprozessen beruhend, der Eis- und Duftanhang, der mit dem Schneedruck zu vergleichen ist. Zur

---

[1]) Bot. Jahresber. 1898, I, S. 584 u. 585.

[2]) Küster, E., Beiträge zur Physiologie u. Pathologie der Pflanzenzelle. Z. f. allgem. Physiologie 1904, Bd. 4.

Charakteristik der Erscheinung halten wir uns an eine Darstellung von Breitenlohner[1]), der eingehendere Beobachtungen gemacht hat. Am 27. Januar 1879 stellte sich im Wiener Walde bei völliger Windstille und nebligem Wetter zur Mittagszeit unter zunehmendem Luftdruck und negativer Temperatur bei Wien ein Niederschlag ein, der die Mitte zwischen Sprühregen und Nebelreif hielt und der bald zu Glatteis erstarrte. An den Bäumen, deren Temperatur in allen Teilen unter Null lag, entstand ein einseitiger Eisbelag von 3—5 mm Dicke. Die Periode des stillen Frostes währte im Wiener Walde 5—6 Tage; der Eisanhang blieb 9 Tage und vermehrte sich derart, daſs die dünnsten Zweige zur Dicke eines Schiffstaues heranwuchsen und die Buchenstämme brachen, während die Stangenhölzer zu Boden gebogen waren. Da der Boden nur oberflächlich gefroren war, wurden auch Bäume geworfen. Bei Koniferen war die Benadelung der Eisablagerung besonders günstig, und Tannen bildeten Eispyramiden, indem die oft 20 cm Länge messenden Anhänge der oberen Äste an die unteren angefroren waren.

In den Tieflagen war der Besatz wirkliches, transparentes Glatteis; auf den Höhen dagegen bestand die Hauptmasse mehr aus einem Gemenge von Eis und Duft. Ebenso nahm die Eispartie vom Waldrande nach dem Innern hin allmählich ab, wo der Beschlag weder Eis noch Duft war und ein festes, strahliges Gefüge besaſs, um endlich noch tiefer im Walde als typischer Duftanhang aufzutreten, der immer kürzer wurde, je tiefer man in den Wald hineinging. Um sich einen Begriff von der so entstandenen Eisbildung zu machen, welche gleichzeitig auch in Deutschland und Frankreich auftrat, bestimmte man das Gewicht des Eises, das an einzelnen Zweigen hing, und es ergab sich dabei, daſs auf einen Gewichtsteil eines blattlosen Zweiges an Eis bei Kirsche 36,7, bei Zerreiche 44,1, bei Rotbuche 85,3, bei der Tanne 31,1, bei Fichte 51,3, bei Kiefer sogar 99,0 Gewichtsteile kamen.

Breitenlohner macht betreffs Erklärung der Erscheinung darauf aufmerksam, daſs die Beobachtungen der meteorologischen Stationen zur Zeit des Eisanhanges die Wirksamkeit eines Föhnwindes konstatierten: es lief also ein feuchtwarmer Äquatorialstrom über einen kalten, die Täler ausfüllenden Polarstrom. Dieser Kontakt der äquatorialen mit den polaren Luftwellen führte zu der auffallenden Niederschlagsform, die nur darum flüssig blieb, weil der untere, kalte Luftstrom eine sehr geringe vertikale Ausdehnung besaſs, so daſs der aus dem warmen Strome kommende Niederschlag nur einen kurzen Weg durch die kalte Luft zu machen brauchte.

Da, wo die kalte Luftschicht eine gröſsere vertikale Erhebung zeigte, nahm auch der Niederschlag bereits eine feste Form an und setzte sich als Rauhreif (Haarfrost) fest.

Der Nebel, der nach Berührung zweier nach Temperatur und Feuchtigkeit verschiedener Luftschichten sich bildet, kann auch unter 0^{0} seine Konstitution als tropfbar flüssiges Wasser beibehalten, da feuchte Winde ausgezeichnete Caloriferen sind und im Wasserdunste eine Menge Wärme latent mit sich führen, welche bei der fortwährenden Kondensation entbunden wird. Erst wenn das erkältende Agens ein gewisses Maſs übersteigt, verwandelt sich der Nebel in Frostdampf,

[1]) Breitenlohner, Der Eis- und Duftanhang im Wiener Walde. Forsch. auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik 1879, S. 497.

indem die Dunstausscheidung nun aus Eisnadeln besteht. Die dem freien Luftzuge ausgesetzten Randbäume wirken als Dunstfang, während im Innern der Schläge die stockende Luft blofs den typischen Dunstanhang sich ausbilden läfst.

Dies wäre also eine Analogie mit dem bei Spät- oder Frühfrost auftretenden Reife, der also nicht als gefrorener Tau aufzufassen ist. Tau ist das kondensierte Wassergas, das sich an den unter dem Taupunkt der Luft durch Strahlung abgekühlten Pflanzenteilen in zusammenfliefsenden Tröpfchen niederschlägt. Das Wassergas ist meist schon reichlich in der Luft vorhanden; es kann zum Teil, wie Stockbridge[1]) nachweist, während der Sommermonate aus dem in der Nacht wärmer als die Luft sich zeigenden Erdboden ausdampfen. Ist einmal ein starker Tauüberzug vorhanden, so kann derselbe eher als ein Schutzmittel gegen das Erfrieren der Pflanzenteile angesehen werden. Gefriert dieser Tau, so entsteht eine kristallinische Rinde, die identisch mit dem Eisanhange ist. Der Reif dagegen entsteht, wenn der Taupunkt der Luft bereits unter 0° liegt und dieser Temperaturgrad durch Strahlung und Verdunstung der Pflanzenteile erreicht wird. Es fügen sich also die Dunstmoleküle schon in fester, kristallinischer Form aneinander (Boden- oder Sommerreif). Der Duftanhang oder Winterreif entsteht durch Einströmen des Äquatorialstromes in den langsam weichenden Polarstrom, und dieser Kampf ist darum so gefährlich, weil bei langer Dauer so viel Duftanhang erzeugt werden kann, dafs unter seiner Last die stärksten Bäume brechen.

In den Baumgärten wird rechtzeitiges und vorsichtiges Anschlagen mit Stangen an die Äste einer solchen schädlichen Anhäufung des Duftes vorbeugen; im Walde ist dieser Schutz natürlich nicht durchzuführen.

Betreffs des Sommerreifes werden häufig die Kulturverhältnisse von ausschlaggebender Bedeutung. Bei bestelltem Boden ist zu berücksichtigen, dafs die Abkühlung des Pflanzenkörpers schneller vor sich geht als die des Bodens, der während der Nacht als ausgleichende Wärmequelle dient und mehr oder weniger die Reifbildung verhindert. Diese Wirksamkeit wird um so gröfser sein, je gröfser der die Abkühlung verlangsamende Wassergehalt des Bodens ist. Auf feuchten Feldern bildet sich auch der die Abkühlung der Blätter mäfsigende Tau früher und reichlicher als auf trockenen Böden. Alle Kulturmafsregeln, welche das Aufsteigen der Wärme aus den tieferen Bodenschichten vermindern, wie Bodenlockerung oder strohiger Dünger, werden dagegen reifbegünstigend wirken[2]).

Zwölftes Kapitel.

Wärmeüberschufs.

Der Hitztcd.

Gestützt auf zahlreiche physiologische Arbeiten[3]) kommen wir zu der Anschauung, dafs bei der Beurteilung der durch Wärmeüberschufs hervorgerufenen Beschädigungen dieselben Gesichtspunkte wie bei

---

[1]) Journal of science vol. 1, p. 471; cit. Naturforscher 1879, Nr. 32.

[2]) Petit, M., Einflufs einiger Kulturverfahren auf die Bildung von Reif. Annal. agron. 1902 Nr. 7; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1903, S. 577.

[3]) Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., Bd. II. Leipzig 1904.

Wärmemangel gelten. Wir stehen bei unseren Kulturpflanzen fortdauernd wechselnden Organisationen gegenüber. Nicht nur jede Spezies hat ihre besonderen Ansprüche betreffs der ihr zuträglichen Wärmemenge, sondern auch innerhalb der weiten Wärmeskala der Spezies verhalten sich die einzelnen Individuen, ja selbst die einzelnen Entwicklungsstadien ganz verschieden. Die individuelle Empfindlichkeit gegen eine das Optimalmafs übersteigende Wärme schwankt je nach dem Standort, der Wasser- und Nährstoffzufuhr und der Einwirkung der übrigen Vegetationsfaktoren, so dafs bestimmte Zahlenangaben über zulässige Temperaturwerte immer nur bedingte Gültigkeit haben können.

Wir ersehen dies daraus, dafs bei unseren Kulturen sich die Pflanzen bis zu einem gewissen Grade an höhere Wärmesummen gewöhnen können; ihr Aufbau wird ein anderer, ihre Entwicklung eine beschleunigtere, aber ihre gesamten Lebensprozesse vollziehen sich noch innerhalb der Breite der Gesundheit. Betreffs der verschiedenen Empfindlichkeit der einzelnen Organe je nach ihrem augenblicklichen Entwicklungsstadium vertreten wir die Anschauung, dafs der Pflanzenteil um so widerstandsfähiger gegen Wärmeüberschufs ist, je plasmareicher und relativ wasserärmer noch die Gewebe sind. Der Hitztod kommt ebenso wie der Frosttod dadurch zustande, dafs die Molekularstruktur des Plasmaleibes irreparabel zertrümmert wird. In welcher Weise dies stattfindet und wie weit dabei ein Gerinnen gewisser Eiweifskörper mitspricht, wissen wir nicht. Je lockerer der Plasmaleib innerhalb seiner spezifischen Zusammensetzung gebaut ist dadurch, dafs schon reichlich Wasser eingelagert ist, desto leichter wird eine solche Zertrümmerung vor sich gehen. Darum sehen wir, dafs wasserreichere Organe schneller an Hitztod zugrunde gehen. Vielfach geht dem Hitztod eine „Hitzestarre“ voran, aus der die Pflanzen bei Nachlassen der supramaximalen Temperatur heraustreten und ihr Wachstum wieder beginnen können. Je länger die Pflanze im Starrezustand verblieben ist, desto langsamer erlangt sie ihre Tätigkeit wieder[1]). Weitere Momente über die verschiedene Empfindlichkeit werden wir bei den folgenden praktischen Vorkommnissen kennen lernen.

Mangelhafte Ausbildung unserer Gemüse in den Tropen.

Bei Übertragung der Kulturpflanzen aus der gemäfsigten Zone in die Tropengegenden machen sich bisweilen sehr unliebsame Störungen im Entwicklungsgange der Pflanzen bemerkbar, die den Kulturzweck arg schädigen. Es liegt dies in der unerwünschten Abkürzung der einzelnen Vegetationsphasen, namentlich in der Verkürzung der Periode der Blattentwicklung und der Produktion der Reservestoffe, welche zu früh zur Ausbildung des Reproduktionsapparates verwendet werden. Es leiden darunter namentlich diejenigen Gewächse, bei denen wir durch fortgesetzte Kultur in nährstoffreichem, namentlich stickstoffreichem Boden die vegetative Periode verlängert und den Blattapparat zur üppigen Entfaltung gebracht haben (Kohlarten, Salate usw.). Fälle dieser Art finden wir bereits in älteren Arbeiten. So führt beispiels-

---

[1]) Hilbrig, H., Über den Einflufs supramaximaler Temperatur auf das Wachstum der Pflanzen. Inauguraldissertation. Leipzig 1900. Cit. Just, Bot. Jahresber. 1901, II, S. 203.

weise solche Duthie aus Saharanpur[1]) an, dessen Anbauversuche in Indien mit wenigen Ausnahmen eine zu schnelle Samenreife europäischer Gewächse ergaben. Während die Runkelrübe z. B. in England zum Durchlaufen ihrer Entwicklungsstadien 18 Monate nötig hat, braucht sie in Indien nur 8 Monate. Bei den Kulturformen der deutschen Astern äufsert sich der Klimawechsel darin, dafs kein Same reift. *Brachycome* und *Petunia* verändern ihre Blumen und erhalten dieselben in weifser Farbe. Der Vorgang scheint mir den Gegensatz zu dem Prozefs der Rötung der Pflanzenteile im Frühjahr bei Wärmemangel darzustellen.

Über ähnliche Erscheinungen wird aus dem tropischen Amerika berichtet: Lehmann[2]) fand im westlichen Kolumbien, dafs Kohl, Salate, Zwiebeln, Mohrrüben sich in einer dem Kulturzweck nicht genügenden Weise ausbilden. Während die aus Europa bezogenen Samen im ersten Jahre in entsprechenden Örtlichkeiten ausgezeichnete, zarte Gemüse in gewünschter Ausbildung liefern, bringen die nun von diesen Individuen geernteten Samen Pflanzen hervor, die bei Kohl und Salat nur noch Spuren von Kopfbildung zeigen und bei Zwiebeln zu fingerstarken Strünken ohne Zartheit und Schmackhaftigkeit sich ausbilden. Die Pflanzen kommen hier in keine Ruheperiode.

In den flachen Äquatorialgegenden tritt diese Erscheinung schneller und stärker auf als in den höheren Bergregionen und bei 10—15° Breite.

Die Verschiebung der gebräuchlichen Saatzeiten in unseren Breiten.

Hierher zu rechnen sind die bei uns nicht selten zu beobachtenden Erscheinungen, dafs Gemüsepflanzen, welche zu spät im Jahre ausgesäet werden, mit der Entwicklung ihrer vegetativen Organe zu schnell in die heifse, trockne Jahreszeit kommen. Der Laubkörper wird hart, und die rübenartigen Anschwellungen werden schnell holzig. Annuelle Samenträger (Getreide, Sommerblumen) werden notreif. Erbsen werden bei zu später Aussaat sehr leicht vom Rost (Uromyces) überwältigt. Dafs die Turgescenz der Gewebe bei zu hoher Temperatur abnimmt, hat bereits Kraus[3]) ausgesprochen.

Für den Einflufs der Trockenheit auf den Befall der Pflanzen durch Pilze hat Haberlandt bei seinen Versuchskulturen ein schönes Beispiel beigebracht. Von drei mit Weizen besäeten, während der ganzen Vegetationszeit dicht beieinander stehenden Töpfen war derjenige, dessen Pflanzen nur gerade so viel Wasser empfingen, um sich am Leben zu erhalten, vom Meltau (*Erysiphe graminis*) derart heimgesucht, dafs dem Pilz jedenfalls ein grofser Teil der Schuld für die gänzliche Mifsernte zugeschrieben werden mufste. Der danebenstehende, reichlich bewässerte Topf war fast gänzlich von dem Schmarotzer verschont[4]). Noch schlagender ist ein von mir beobachteter Fall mit *Podosphaera leucotricha* Salm. Von einer Anzahl junger Apfelbäume in Töpfen stand die Hälfte in einem Glashause, die andere hinter demselben im Freien. Alle Exemplare hatten über Winter ihre Oidienform vom Vorjahre behalten. Die im Glashaus der Sommerhitze ungeschützt aus-

---

[1]) Gardener's Chronicle 1881, I, S. 627.

[2]) Lehmann, Über eine physiologische Erscheinung bei der Gemüsekultur im tropischen Amerika. Deutsche Gärtnerzeitung 1883, S. 260.

[3]) Molekularkonstitution des Protoplasmas. Flora 1877, S. 534.

[4]) Biedermann's Centralbl. 1875, II, S. 402.

gesetzten Pflanzen verkümmerten durch die Überhandnahme des Meltaues, der sich bis zur Kapselfrucht entwickelte. Die hinter dem Glashause im Halbschatten und in bewegter Luft stehenden Apfelbäume verloren den Meltau. Wie sehr auch ohne Mitwirkung parasitischer Feinde die Produktion der Pflanzen bei falscher Aussaatzeit leidet, beweisen die HELLRIEGEL'schen Experimente [1]). Gerste in den Monaten April, Mai, Juni, August und September in Töpfe mit gleicher Nährstoffmischung und Bodenfeuchtigkeit unter sonst ganz gleichen Verhältnissen ausgesäet, verhielt sich vollkommen verschieden. Die Aussaat im April brachte sehr gleichmäfsig ausgebildete, vorzügliche, reife Samen tragende Pflanzen nach 88 Tagen. Die zu Ende Mai vollzogene Aussaat zeigte Pflanzen, die anfangs auch sehr kräftig sich entwickelten. Als aber gegen Mitte Juli, zur Zeit des Hervortreibens der Ähren aus den obersten Blattscheiden, eine dauernde Hitzeperiode eintrat, blieben die Halme im Längenwachstum zurück. Die Körner erreichten bis zu dem verfrühten Absterben der Pflanzen (nach 77 Tagen) nur eine unvollkommene Ausbildung und blieben flach, waren also notreif geworden. Die späteren Aussaaten zeigten eine steigende Verlängerung der Vegetationsperiode (die Septemberaussaat brauchte z. B. 240 Tage) und ergaben sämtlich unvollständig ausgereifte Körner.

Betreffs der forstlichen Kulturen liegen auch Erfahrungen vor, dafs die Verluste beim Verpflanzen der jungen Waldbäume je nach der Zeit der Ausführung schwanken. Die Versuche in Mariabrunn [2]) zeigten den geringsten Ausfall bei der Frühjahrsverpflanzung. Bei der Fichte steigerte sich die Zahl der absterbenden Exemplare von der April- bis zur Junipflanzung, um dann bei der Herbstpflanzung (September, Oktober) wieder wesentlich zurückzugehen. Dasselbe Verhalten zeigte sich bei der Kiefer, die noch bedeutendere Verlustprozente aufwies. Bei den Laubhölzern wird bekanntlich die Herbstpflanzung mit Vorliebe angewendet.

Das Verbrennen der Blätter im Freien.

Man bezeichnet damit den Tod der Gewebe infolge der Einwirkung der Sonne. Dabei wirken aber Licht und Wärme zusammen. Wieviel bei den Todeserscheinungen einem jeden Faktor zugeschrieben werden mufs, wissen wir nicht. Die Meinung bedeutender Forscher, dafs das gesamte Licht in der Pflanzenzelle in die Kraftform der Wärme übergehe und in dieser Form wirksam sei, ist nicht wahrscheinlich; vielmehr deuten meine Verdunstungsversuche bei Lichtverminderung unter gleichzeitiger Temperaturerhöhung an, dafs das Licht als solches mindestens zu einem Teile wirksam sein und den Assimilationsprozefs beeinflussen wird; ein Teil wird zweifelsohne auch in Wärme umgewandelt und derart verwendet werden. Unter dieser Voraussetzung ist es auch wahrscheinlich, dafs eine Pflanze sich gegen dieselbe Wärmemenge verschieden verhalten wird, je nachdem sie dieselbe im dunkeln oder im erleuchteten Raume empfängt.

Im allgemeinen sind Temperaturen zwischen 40 und 50° C tödlich; doch ist bei Fettpflanzen von ASKENASY [3]) beobachtet worden,

---

[1]) Grundlagen des Ackerbaues 1883, S. 352.

[2]) Deutsche Forstzeitung 1892 vom 13. November.

[3]) ASKENASY, Über die Temperatur, welche Pflanzen im Sonnenlichte annehmen. Bot. Zeit. 1875, S. 441.

dafs dieselben solche Wärmemengen schadlos ertragen. Askenasy überzeugte sich im Hochsommer, dafs *Sempervivum* bei einer Lufttemperatur von 31° C im Schatten eine Erwärmung im Innern bis 48 und 51° C erlitten hatte. Die Wärme im Innern der Pflanzen war bei einigen Arten etwas höher, bei anderen etwas niedriger als an ihrer Oberfläche. Die Temperatur an der Oberfläche des Blattes stand in keinem direkten Verhältnis zur Lufttemperatur an verschiedenen Tagen. Es zeigte z. B. *Sempervivum arenarium*

bei 31,0° C am 15. Juli um 3 Uhr nachmittags 48,7° C,
„ 28,2° C „ 16. „ „ 3 „ „ 46,0° C,
„ 28,1° C „ 18. „ „ 12,30 Uhr mittags 49,0° C.

Dicht danebenstehende, dünnblättrige Pflanzen besafsen eine viel niedrigere Temperatur.

Am häufigsten zeigen sich die Erscheinungen des Verbrennens bei Glashauspflanzen, die im Frühjahr ins freie Land gebracht werden. Nicht immer wird das Blatt getötet, sondern manchmal nur gerötet oder gebräunt. Bei gewölbten Blättern ist oft nur die Wölbung an der Oberseite verfärbt, und anstatt grün ist sie kupferig gerötet (Rosen). Im Laufe einiger Wochen kann sich eine solche Pflanze selbst unter Verbleiben an ihrem Standort wieder ausheilen.

Experimentell prüfte ich einen derartigen Fall bei Topfexemplaren von *Canna indica*, von denen die gröfste Anzahl bei trübem Wetter aus dem Glashause, in welchem sie bis zur Entfaltung der ersten Blumen angetrieben worden war, ins Freie gebracht wurde. Einige Töpfe blieben zwei Tage länger im Glashause und wurden dann in der Mittagsstunde neben die früher freigestellten Exemplare eingesenkt. Die oberen Blätter erschienen nun schon am Nachmittag weifsstreifig, indem die von den wasserleitenden Nerven am weitesten entfernten Partien eines jeden Intercostalfeldes abgestorbenes Gewebe zeigten. Am breitesten waren die weifsen Streifen am Blattrande und keilten sich nach der Mittelrippe hin allmählich aus, so dafs man deutlich wahrnehmen konnte, wie das Verbrennen des Blattes in denjenigen Regionen am frühesten und stärksten auftrat, die von dem Wasserleitungssystem der starken Gefäfsbündel am weitesten entfernt lagen.

An den weifsen Stellen erschien die Epidermis nicht wesentlich alteriert, wohl aber das Palisadenparenchym, das keine Chloroplasten mehr besafs, während eine Übergangszone nach dem mit grofsen wandständigen Chlorophyllkörpern versehenen gesunden Gewebe hin zwar noch grüngefärbten, aber wolkigen Inhalt zeigte. In dem weifsgewordenen Gewebe, dessen Zellwandungen hell verblieben waren, zog Glyzerin nur noch geringe Inhaltsmassen zusammen, so dafs man schliefsen mufste, dafs ein grofser Teil derselben in der kurzen Zeit veratmet war. An den stärkst beschädigten Stellen war die Epidermis vom Blattfleisch hier und da blasenartig abgehoben (Brandblasen), und die Zerstörung des Chlorophyllkörpers war bis zur Blattunterseite vorgedrungen. Nach einigen Wochen konnte man bei den verbrannten Blättern in den oben erwähnten Übergangszonen übrigens eine Regeneration der Chloroplasten beobachten. Es hatte also gerade so wie nach schwächeren Frostbeschädigungen ein Ausheilungsprozefs stattgefunden. Unterhalb der Brandblasen, bei denen die Epidermiszellen teilweise zusammengesunken erschienen, war nunmehr Pilzmycel nachzuweisen.

Ein Kollabieren der Epidermiszellen beobachtete ROWLEE[1]) auch nach achtstündiger Einwirkung von elektrischem Bogenlicht, das in einem Meter Entfernung auf Blätter von Heliotrop wirkte. Andere Pflanzen (z. B. *Ficus elastica*) blieben unter gleichen Umständen unverändert.

Bei fleischigen, langlebigen Blättern grenzt sich das gesunde Gewebe von dem verbrannten durch eine Korkzone ab, wie die beistehende Abbildung eines im August durch Sonnenbrand beschädigten Cliviablattes zeigt. Man konnte beobachten, wie die Lage des Blattes den Ausschlag für den Ort der Entstehung der Brandflecke gab, indem nur die senkrecht zur Wärmequelle orientierten Stellen sich gelbgrau verfärbten und zusammensanken. Am folgenden Tage war der Brandfleck vollständig braun und brüchig. Die jüngsten Blätter hatten nicht gelitten. Die Grenze zwischen totem und lebendem Gewebe ist, sobald der Brandfleck durch die ganze Blattdicke hindurchgeht, scharf; wenn aber nur die Blattoberseite beschädigt ist, zeigt sich eine verwaschene Übergangszone. In derselben bemerkt man, dafs die Chloroplasten

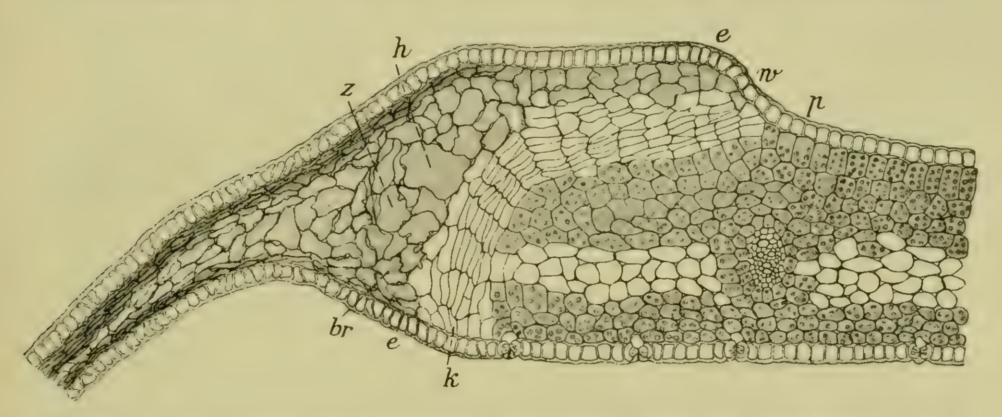


Fig. 151. Durch Sonnenbrand abgetötete Stelle eines Blattes von *Clivia nobilis.* (Orig.)

spangrün werden, während der übrige Zellinhalt gelbgrün erscheint; es dürfte hier zunächst also ein Austritt des Xanthophylls erfolgen, während das Cyanophyll an den Chloroplasten gebunden bleibt. Sodann wird die anfangs gleichmäfsig stark lichtbrechende Masse des Chlorophyllkorns in ihren Konturen weniger scharf, und eine grofse Menge feinster Körnchen geben demselben eine sandige Beschaffenheit. Schliefslich bilden die Chloroplasten schmutzig-teegrüne bis schwarzgrüne Gruppen, die dadurch eine strangartige Gestalt annehmen, dafs die Zelle zusammensinkt. Diese Inhaltsmassen, welche einer Wand anliegen, bleichen ungemein schnell durch die Sonne aus und veranlassen nunmehr die gelbgraue Färbung der Brandflecke. Die Zellwandungen verlieren nicht ihren Cellulosecharakter, wie die Prüfung mit Chlorzinkjod zeigt.

Das gesunde Gewebe beginnt alsbald, sich durch eine Korkzone (*k*) von dem beschädigten abzuschliefsen, wobei auch die inhaltsreich verbleibenden Zellen der Übergangszone (*br*), die sich zunächst noch

---

[1]) ROWLEE, W., Effect of electric light upon the tissues of leaves. Just's bot. Jahresber. 1900, II, S. 287.

etwas unter Wellung ihrer Membranen vergröfsern (*h*, *z*) und gröfsere Intercellularräume aufweisen, allmählich sterben.

Wenn der Brandfleck etwas älter wird, verfärbt er sich tiefer braun, wobei auch die nicht zusammensinkenden Epidermiszellen (*e*) bis an das gesunde Gewebe heran beteiligt sind. Die Korkzone (*k*) entsteht durch Fächerung der an der Grenze des Brandfleckes lebendig bleibenden, sich streckenden Mesophyllzellen, deren rückwärts anstofsende normale Zellen (*p*) etwas ärmer an Chlorophyll zu bleiben pflegen. Bemerkenswert ist das schwielige Hervortreten der Randzone (*w*) des normalen Blatteils an der Grenze der Brandstelle; dieses Verhalten erklärt sich durch die Streckung der die Korkzone liefernden Zellen und des davorliegenden, beschädigten, aber nicht sofort getöteten (*h*) Mesophylls.

Die Brennflecke in den Gewächshäusern.

Namentlich im Frühjahr häufen sich die Klagen über die Entstehung von Brandflecken auf den Blättern zarter Pflanzen in den Glashäusern. Über die Entstehung derselben gingen die Meinungen auseinander. Teils machte man die Blasen im Glase der Gewächshausscheiben dafür verantwortlich, teils glaubte man, dafs die Wassertropfen, die beim Spritzen der Pflanzen an der Blattoberseite haften bleiben, als Brennlinsen wirken oder sich durch Insolation so stark erwärmen, dafs sie dadurch das Gewebe schädigen. Durch die Experimente von Jönsson[1]) ist nachgewiesen worden, dafs tatsächlich die Blasen im Glase die Ursache sind. Er beobachtete das durch solche Blasen auf dem Blatte hervorgebrachte Lichtbild der Sonnenstrahlen und das Fortschreiten desselben infolge der veränderten Sonnenstellung. Daraus erklärt sich auch die nicht selten wahrnehmbare Erscheinung, dafs solche Brennflecke in reihenförmiger Anordnung auftreten.

Dafs das Spritzen aber auch gefährlich wirken kann, geht aus einem Versuch hervor, bei welchem ein Wassertropfen an der Unterseite eines in einiger Entfernung von der Blattfläche aufgekitteten Deckglases hing. Hierbei liefsen sich auch Spuren von Brennflecken erzeugen, während direkt aufliegende Wassertropfen keine Beschädigung hervorbrachten.

Zur Vermeidung derartiger Unzuträglichkeiten wird man im praktischen Betriebe wenigstens in denjenigen Gewächshäusern, welche wertvolle Blattpflanzen bergen, zur Bedachung bessere Glassorten wählen müssen.

Entlaubung.

Hier handelt es sich nicht um Verbrennungserscheinungen, sondern um überstürztes Ausleben der Gewebe. Bei den in der freien Natur zu beobachtenden Fällen pflegt sich der direkten Sonnenwirkung eine grofse Bodentrockenheit zuzugesellen; bei speziellen Versuchen mit Brennlinsen aber erkennt man, dafs auch in feuchtem Boden die stärker durch Brandflecke beschädigten Blätter abgeworfen werden. Wiesner[2]) fand, dafs bei dem „Hitzelaubfall“ von den Baumkronen weniger die peripherischen Blätter als vielmehr die im Innern der Krone befindlichen abzufallen pflegen und meint, dafs die ersteren infolge der

---

[1]) Jönsson, Bengt, Om Brännfläkar pa växtblad. Botaniska Notiser 1891. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1892, S. 358.

[2]) Wiesner, Jul., Über den Hitzelaubfall. Ber. d. D. Bot. Ges. 1904, Bd. XXII, S. 501

gröfseren Wärmeausstrahlung sich nicht so sehr erhitzen wie die in geschlossener Lage befindlichen Blätter. Wir möchten den Grund in der verschiedenen Kräftigkeit der Organe suchen. Die der gröfsten Lichtzufuhr ausgesetzten Organe produzieren mehr Substanz, und ihre Zellen sind reicher an plastischem Material; sie haben daher bei abnorm gesteigerter Verdunstungs- und Atmungstätigkeit mehr Reservestoffe und sind daher langlebiger gegenüber den im Innern einer Baumkrone befindlichen gleichalterigen Blättern. Die jungen Organe sind an und für sich widerstandsfähiger.

Bei den im Freien vorkommenden Fällen spricht der Standort mit seiner Wasserzufuhr ausschlaggebend mit. Man sieht dies bei Waldbäumen am besten an Eichen und Lärchen in Schonungen, wo zwischen grünen unbeschädigten oder doch wenig alterierten Pflanzen stets einzelne Exemplare zu finden sind, die bereits völlig vertrocknete Laubgruppen aufweisen.

In einer Lärchenschonung sah ich die stärkst geschädigten Exemplare im oberen Teil fast völlig entnadelt; nur die ganz jungen Triebe, deren Spitzen gekrümmt und fuchsrot erschienen, trugen noch Nadeln, die wie rote gefärbte Quasten abwärts hingen. Die allerjüngsten Nadeln erschienen fahl und papierartig flach zusammengetrocknet; ihr äufserst spärlicher Zellinhalt bildete einen farblosen, mit Jod sich gelb färbenden Ballen frei im Zellinnern. In den älteren Nadeln, deren Zellwandungen gänzlich farblos geblieben waren, erschien der reichliche Zellinhalt in Form blafs graurötlicher oder gelbbrauner, gleichartiger Massen, den Wandungen anliegend. Die Bilder ähnelten den bei Einflufs saurer Gase entstehenden. Auch bei Fichten sind die durch intensive Sommerdürre sich einstellenden Nadelverfärbungen den durch schweflige Säure erzeugten ungemein ähnlich.

Ähnliche Hitze- und Trockenschütten dürften auch, namentlich nach plötzlicher Freistellung, bei anderen Nadelhölzern nicht selten sein. Betreffs des Entnadelungsvorganges zeigten mir Versuche bei Fichten, dafs die an ihrer Basis durch den Strahlenkegel einer Linse getroffenen Nadeln sich bei geringem Druck sofort ablösten, auch wenn sie keine Verfärbung wahrnehmen liefsen. Bei Beschädigungen an höheren Stellen der Nadeln blieben dieselben sitzen. In den Brandflecken hatte sich der Zellinhalt zu einer bandartigen grünen bis braungrünen Masse in der Mitte zusammengezogen, wobei man mehrfach noch die Körnerstruktur wahrnehmen konnte. Die zusammengezogenen Inhaltsmassen lagen in den einzelnen Zellen meist gleichsinnig, nämlich in der Richtung des grofsen Querdurchmessers der Nadel.

Verhältnismäfsig selten sind Knospenbeschädigungen durch Sonnenbrand. Es wird dies teils auf den Schutz der vielfach durch Haarfilz, Gummi, Harz, Korklagen oder dgl. besonders zweckmäfsig sich erweisenden Knospendecken, teils auf den plasmareichen, also schwerer zu alterierenden Inhalt der jugendlichen Gewebe zurückzuführen sein. In den Tropen sind noch besondere Schirmvorrichtungen manchmal wahrzunehmen. Nach Potter[1]) werden z. B. bei *Artocarpus*, *Heptapleurum*, *Canarium ceylanicum* u. a. die Nebenblätter der älteren Blatt-

[1]) Potter, M. C., Observations on the Protection of Buds in the Tropics. Journ. Linn. Soc. XXVIII, 1891, S. 343.

organe als Schutz der jugendlichen Blätter bis zu deren Erstarkung verwendet, oder das ganze ältere Blatt bildet zunächst ein Schutzdach für das jüngere (*Uvaria purpurea*, *Gossypium* usw.).

In England ist ein Abwerfen der Pfirsichknospen bei der Treiberei beobachtet worden. Dort, wo ein genäfstes Tuch gegen die Sonnenwirkung über die Stöcke gespannt worden war, wurde kein Knospenabwurf wahrgenommen [1]).

Sonnenbrand an Blüten und Früchten.

Zu Beschädigungen an Blumen bedarf es häufig gar nicht absolut hoher Wärmegrade, sondern es können bei ungünstigem Standort die gewöhnlichen Temperaturen schon schattenliebenden Pflanzen schädlich werden. Die bekanntesten Beispiele bilden die Knollenbegonien, deren Blüten leicht braune Saumlinien bekommen, wenn die Pflanzen nicht die Verdunstung des feuchten Erdbodens geniefsen können.

Bei den Früchten macht sich ungewöhnlicher Wärmeüberschufs in zwei Richtungen geltend. Einerseits erzeugt er Notreife, d. h. das Eintreten der Reifevorgänge zu einer Zeit, in welcher die Frucht eigentlich noch Reservestoffe speichern sollte. Die Folge ist die, dafs die nur ungenügend mit Reservematerial ausgestatteten Zellen des Fruchtfleisches sich vorzeitig ausleben, was Stippfleckigkeit und vorschnelle Lagerfäule zur Folge hat. Bei Getreide bewirkt ein vorzeitiges Abreifen der Halme eine empfindliche Schädigung des Kornes durch ungenügende Stärkebildung [2]).

Die andere Beschädigungsform besteht in einem direkten Abtöten der Gewebe durch Sonnenbrand an den exponiertesten Stellen saftiger Früchte. Solche Brandflecke ähneln häufig den Hagelschlagstellen, weil das abgetötete Gewebe während des Schwellungsvorganges der Frucht sich nicht entsprechend dehnen kann und entzweireifst. Bei der zunehmenden Tomatenkultur finden wir jetzt reichlich Beispiele, die nur dadurch verdeckt werden, dafs sich an den Brandstellen der Früchte Mycelpilze anzusiedeln pflegen. Die Fälle werden dann als parasitäre Erkrankungen beschrieben. Von wirtschaftlicher Bedeutung ist

die Beschädigung der Trauben durch Sonnenbrand.

Eine Beschädigung der Trauben wird nach den Beobachtungen von Müller-Thurgau [3]) dann wahrgenommen, wenn nach längerer, feuchtkalter Witterung plötzlich heifse, klare Sonnentage eintreten; es zeigt sich dann an freihängenden Trauben fast regelmäfsig, dafs die den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzten Beeren ihre grüne Farbe verlieren, bleich werden, dann sich bräunen und schliefslich zu schrumpfen beginnen. Auch der Traubenstiel kann an solchen Stellen, an denen er direkt von der Sonne getroffen wird, leiden, und es schrumpfen dann die dazu gehörigen Beeren ebenfalls ein, verlieren jedoch in diesem Falle nicht ihre grüne Farbe. Bei blauen Sorten werden die von der Sonne getroffenen, noch grünen Beeren dunkler als die der weifsen Sorten und nehmen eine fast schwarze Färbung an. In einzelnen Jahren

---

1) Gardener's Chronicle 1893, XIII, S. 693.

2) Déhérain et Dupont, Über den Ursprung der Stärke des Weizenkorns. Cit. Biedermann's Centralbl. 1902, S. 324.

3) Der Weinbau 1883, Nr. 35.

findet man ganze Trauben wie Rosinen verschrumpft, und dadurch wird stellenweis bedeutender Schaden hervorgebracht [1]). Dafs wirklich hier es Wärmeüberschufs ist, der die Beeren tötet, geht daraus hervor, dafs Trauben, die in einem Blechkasten auf 50° C erwärmt wurden, genau dasselbe Aussehen annahmen wie die vom Sonnenbrande im Freien betroffenen Exemplare. Auf das Verbrennen übt der Reifezustand sowie überhaupt der Wassergehalt der Organe und auch der Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft einen mafsgebenden Einflufs aus. Unreife Beeren von Riesling und Sylvaner wurden durch eine zwei Stunden währende Erwärmung auf 42° C nicht beschädigt, wohl aber bei 44° C nach gleichlanger Einwirkung.

Dafs die besonnten Beeren wärmer sind als die umgebende Luft, zeigten direkte Messungen. Während ein Luftthermometer im Schatten 24° C, ein anderes in der Sonne 36° C zeigte, stieg in der besonnten Weinbeere die Temperatur auf 40° C.

Es zeigte sich ferner, dafs Rieslingsbeeren aus guter, warmer Lage, welche nachgewiesenermafsen an Wasser ärmer waren als solche aus geringen Weinbergen, weniger vom Sonnenbrande litten als letztere. Neben dem geringen Wassergehalt ist die fortgeschrittene Reife der Beere ein Umstand, der schützend gegen den Sonnenbrand wirkt. Der frühe Malinger und Frühburgunder, welche Mitte August schon reif sind, zeigten beispielsweise durch die heifse Augustsonne keinerlei Beschädigung, während über 50 verschiedene, dicht danebenstehende Rebsorten, die später reiften, also im August noch hart und grün waren, mehr oder weniger gelitten hatten. Eine Temperaturmessung in grünen, unreifen, harten Beeren von Riesling, Sylvaner, Elbling und Spätburgunder ergab schon eine Schädigung bei 43° C, während die ziemlich reifen Beeren von frühem Malinger und Frühburgunder längere Zeit ohne Schaden auf 55° C erwärmt werden konnten und das Fruchtfleisch der Malinger Trauben erst bei etwas über 62° C getötet wurde.

Die Erfahrung der Praktiker, dafs Sonnenbrand am meisten dann sich zeigt, wenn nafskalte Witterung den heifsen Tagen vorhergeht, erklärt sich einerseits durch den gröfseren Wassergehalt der Beeren und andererseits durch die geringere Verdunstung und demgemäfs auch geringere Abkühlung in feuchter Luft. Betreffs des Einflusses der Trockenheit wurde ein Versuch von Müller mit zwei Rieslingstrauben angestellt, von denen die eine in einem mit feuchtem Fliefspapier austapezierten Glase, die andere in einem mit Chlorkalcium versehenen Glase in den heizbaren Blechkasten gebracht wurde; bei 41,5° C war die in feuchter Luft befindliche Traube vollständig getötet, während die in der mit Chlorkalcium getrockneten Luft befindliche Traube kaum beschädigt war. Zwei Thermometer, von denen der eine frei hing, der andere mit seiner Kugel in eine Weinbeere gesteckt worden war, kamen in einen heizbaren Blechkasten, der auf 40° C erwärmt wurde. Der mit der Beere umkleidete Thermometer stand sowohl bei dem langsamen Steigen der Temperatur als auch bei dem Sinken derselben stets etwa 4° tiefer als der andere, was wohl nur durch die Verdunstung der Beere bedingt sein konnte.

Als Folge von Sonnenbrand können auch die Erscheinungen des „Samenbruches“ sich einstellen. Da aber für diesen Vorgang ver-

[1]) Jahresber. d. Sonderaussch. f. Pflanzenschutz 1892. Arb. d. D. Landw. G.

schiedene Ursachen existieren, so ist es besser, ihn später gesondert zu betrachten.

Bisweilen findet man sog. „rostige Beeren“, d. h. solche, deren Haut feine Korklamellen gebildet hat. Man hat darin ein Schutzmittel gegen Sonnenbrand[1]) erblickt.

Das beste Vorbeugungsmittel wird der Schutz der Trauben durch Blätter sein, und es ist irrig, zu glauben, man nütze den Trauben, wenn man die Blätter vor denselben entfernt.

Sonnenrisse.

Bei Wald- und Obstbäumen reifst im Frühjahr bisweilen die Rinde auf. Diese Erscheinung ist von DE JONGHE als Sonnenrisse (sunstrokes) bezeichnet worden, während sie CASPARY[2]) als Frostwirkungen ansieht. Flächenförmiges Absterben der Rinde wird als Sonnenbrand von den einfachen Rifswunden unterschieden. Abbildungen finden wir bei R. HARTIG[3]) und NÖRDLINGER[4]). Letzterer Autor unterscheidet auch noch einen „Wintersonnenbrand[5]), bei welchem die Stammbeschädigung nur an der Basis zu finden ist und man den Reflex der Sonnenstrahlen von der Bodenoberfläche als Ursache annimmt. R. HARTIG bildet das untere Stammende eines Rotbuchenstämmchens mit Sonnenrifs ab[6]). Da diese Erscheinungen bisher nur im Nachwinter beobachtet worden sind und strikte experimentelle Beweise noch fehlen, so halten wir an unserer früher geäufserten Meinung fest, dafs Risse durch Spannungsdifferenzen entstehen, die bei plötzlichem starkem Temperaturwechsel zustandekommen, ohne dafs eine Erwärmung des Gewebes durch die Sonne bis zum Absterben desselben nötig wäre, wie dies bei den Sonnenbrandstellen der Fall ist. Wie sehr sich die Pflanzenteile über die Lufttemperatur erhitzen, zeigt eine Messung von HARTIG[7]) an einer Fichte im August. Er fand bei einer Lufttemperatur von 37° C in der Cambialregion der Südwestseite 55° C, auf der Südseite nur 45°, auf der Ostseite 39°, auf der Nordseite 37° C. Die Messungen fanden nachmittags nach 4 Uhr statt.

Einflufs zu hoher Bodenwärme.

Schon SACHS[8]) liefert reichliches Material betreffs der Bestimmung der Temperaturansprüche einzelner Pflanzen und bezüglich der Erhaltung der Keimfähigkeit von Samen, die einer hohen Temperatur in Luft oder Wasser ausgesetzt worden sind. In letzterer Beziehung ergibt sich, dafs trockene Samen höhere Temperaturen vertragen, ohne Schaden zu nehmen, als bereits angekeimte, und dafs wahrscheinlich das Pflanzengewebe (innerhalb der für die Spezies zulässigen Grenzen) überhaupt um so widerstandsfähiger gegen Hitze ist, je geringer der Wassergehalt der Zellen sich erweist. Bestätigende Arbeiten lieferten

---

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1902, S. 111.

[2]) Bot. Zeit. 1857, Nr. 10: „Bewirkt die Sonne Risse in Rinde und Holz der Bäume?“

[3]) Lehrbuch der Baumkrankheiten, I. Aufl, S. 188.

[4]) Lehrbuch des Forstschutzes, 1884, S. 332.

[5]) Baumphysiologische Bedeutung des kalten Winters 1879/80. Cit Illustrierte Gartenzeitung 1881.

[6]) Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl., 1900, S. 230.

[7]) Ibid. S. 228.

[8]) Experimental-Physiologie S. 64 ff.

Haberlandt, Wiesner, Fiedler, Krasan, Just, Nobbe, Hoehnel und neuere Autoren, betreffs deren auf Pfeffer's Physiologie verwiesen werden muſs.

Daſs man durch Erhöhung der Temperatur über das für eine bestimmte Art gegebene Optimum hinaus schon bei keimenden Samen üble Erfahrungen machen kann, zeigen beispielsweise die Versuche von Just [1]), aus denen sich ergab, daſs, ähnlich wie bei Samen von zu hohem Alter, auch durch zu hohe Temperatur eine Verlängerung der Keimzeit und langsamere Entwicklung der Keimlinge hervorgerufen wird.

Betreffs der anatomischen Veränderungen ist eine ältere Studie von Prillieux [2]) von Bedeutung. Bei Samen von Bohnen und Kürbissen, die in Töpfe gesäet wurden, welche durch erhitzte Drähte eine hohe Bodenwärme erhielten, ergab sich folgendes Resultat. Die jungen Keimpflanzen verlängerten sich nur wenig und schwer, erhielten aber ein geschwollenes Ansehen. Dort, wo die Schwellung des Stengelchens am intensivsten war, zeigten sich klaffende, bis auf das Mark gehende, meist horizontale Risse. Gegenüber den gleichalterigen, normalen Pflanzen waren die des überheizten Bodens nur halb so lang, aber von nahezu drei- bis vierfachem Dickendurchmesser an der Stelle der stärksten Schwellung. Dort waren auch die Epidermiszellen zwei- bis dreimal breiter als bei den normalen Pflanzen; die Spaltöffnungen zeigten denselben Unterschied, nur in geringerem Maſse. Die Haare waren nicht verschieden. Das Rindenparenchym war zwar viermal dicker; eine Vermehrung der Zellen hatte aber nicht stattgefunden. Noch gröſsere, radiale Ausweitung zeigten die Zellen des Markparenchyms; nur im Bastparenchym lieſs sich wirkliche Zellvermehrung nachweisen. Prillieux führt ferner an, daſs die Zellkerne sich dabei ähnlich den Zellen selbst verhalten; sie hypertrophieren und vermehren sich derart, daſs oft drei bis vier in einer einzigen Zelle zu finden sind. Die Kernteilung erfolgt durch Fragmentation. Man nimmt eine solche Zellvermehrung auch in den kurzen, gebogenen und verkrümmten, aber nicht geschwollenen Wurzeln der alterierten Pflanzen wahr. Die groſsen, deformierten Zellkerne zeigen meist auch ganz unregelmäſsige und zu mehreren auftretende Nucleolen, welche durch Schwarzfärbung mit Osmiumsäure nicht selten Vakuolen erkennen lassen. Bei der Fragmentierung der Kerne erscheint meist einseitig vorher eine Falte, welche den Kern einzuschnüren sucht; später bildet sich eine Plasmawand zwischen zwei Nucleolen; die beiden entstandenen Hälften blähen sich auf und suchen sich zu separieren, welche Trennung sich aber nicht immer wirklich vollzieht. Übrigens scheint es, daſs die Kernzerklüftung innerhalb einer dem ursprünglichen Kern angehörenden, schon vorhandenen Plasmahülle stattfindet, die erst später zerreiſst.

In dieser Vermehrung der Zellkerne und der Weichbastelemente kann man wohl eine Andeutung sehen, in welcher Weise eine dem Optimum näherstehende Erhöhung der Bodenwärme begünstigend wirkt. Es dürfte die Zellvermehrung und die Zuleitung des plastischen Materials beschleunigt werden. Den wohltätigen Einfluſs erhöhter Bodenwärme nutzt die Gärtnerei bekanntlich in hohem Maſse durch die Mistbeetkästen aus. Aber gerade dort läſst sich auch die Beobachtung machen, daſs manchen Pflanzen kühlerer Klimate eine zu

---

[1]) Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Bd. II, S. 311.

[2]) Prillieux, Altérations produites dans les plantes par la culture dans un sol surchauffé. Ann. sc. nat. ser. VI Botanique t. X, p. 347.

hohe Bodenwärme nicht zusagt; sie wachsen nicht schneller, sondern faulen leicht. Die Assimilationsenergie läfst nach, und der geschwächte Organismus wird jetzt von Spalt- und Mycelpilzen besiegt.

Wie sehr die Assimilation sinkt, wenn die Bodentemperatur zu hoch wird, zeigen die HELLRIEGEL'schen Versuche[1]). Vergleichende Kulturen in ausgeglühtem Quarzsande ergaben als Ernteresultat bei

	bei 8°	10°	15°	20°	25°	30°	40° C konst. Bodentemp.
				Roggen:			
Frischgewicht	191,5	176,3	269,4	456,6	376,0	408,0	240,1
Trockensubstanz	23,9	22,8	32,4	**49,5**	42,4	47,0	31,2
				Weizen:			
Frischgewicht	98,6	130,8	241,0	260,5	342,0	402,2	296,0
Trockensubstanz	15,8	20,8	29,5	30,8	43,9	**46,9**	40,3
				Gerste:			
Frischgewicht	151,9	156,0	383,4	408,5	435,2	365,0	230,5
Trockensubstanz	17,1	18,0	34,4	36,7	**42,0**	35,0	26,3

Die Resultate beziehen sich auf jugendliche Pflanzen und zeigen deutlich, wie von einer Optimaltemperatur für die Wurzeln aus nach einer oberen und unteren Grenze hin die Produktion abnimmt. Gleichzeitig geben die Zahlen aber auch einen Aufschlufs über die Verschiedenartigkeit des Wärmebedürfnisses der verschiedenen Getreidearten. Die höchste Bodentemperatur (wenigstens in der Jugend) beansprucht sonach der Weizen. Die energischste Assimilationstätigkeit entwickelte der Weizen bei 30° C Bodenwärme, während Roggen sich bei 20°, Gerste bei 25° C am besten entwickelten.

Auch in diesem jugendlichen, der Akkomodation zugänglichsten Lebensalter zeigten die Pflanzen deutlich den störenden Einflufs zu hoher Bodenwärme. Abgesehen von einer Verzögerung der Keimung zeigte sich im Habitus der Pflänzchen ein wesentlicher Unterschied darin, dafs dieselben bei hohen Temperaturen in Stengeln und Blättern dünn und schmächtig wurden, während bei niederer Bodenwärme die Exemplare kurz, dick und fleischiger erschienen.

Die Versuche von v. BIALOBLOCKI[2]) ergaben dieselben Resultate und zeigten auch namhafte Unterschiede in der Ausbildung des Wurzelapparates. Die Gerstenpflanzen, welche konstant bei 10° C Bodenwärme wachsen mufsten, hatten ihre Wurzeln aus wenigen grofsen, auffallend starken, schön weifsen Ästen erster und zweiter Ordnung gebildet, von denen die letzteren ungewöhnlich kurz und mit kleinen, warzenförmigen Erhöhungen (Zweiganlagen dritter Ordnung) bedeckt waren. Die in einem Boden von 30° konstanter Temperatur stehenden Individuen hatten fadendünne, aufserordentlich reichlich verzweigte und zu einem dichten Nest verfilzte, braune Wurzelfasern getrieben. Bei 40° C war der Charakter des Wurzelballens derselbe, aber die Ausdehnung desselben überhaupt ungemein gering; es war ein kleiner Filz in den oberen Bodenlagen gebildet worden.

Auch TOLSKY[3]) fand bei Hafer die Entwicklung der einzelnen Wurzeln

---

[1]) Beitr. zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig 1883. Vieweg & Sohn.

[2]) Landwirtschaftliche Versuchsstationen 1871, Bd. XIII, S. 424.

[3]) Journ. f. experim. Landwirtschaft 1901, S. 730.

bei niederer Temperatur stärker, und neuerdings bestätigt Kossowitsch[1]) diese Resultate. Die Schnelligkeit des Eindringens der Haferwurzeln in den Boden wird dabei verlangsamt. Eine Bodenschicht von ungefähr 30 cm wurde bei erhöhter Temperatur 14 Tage nach der Aussaat, bei niedrigen Wärmegraden erst nach 30 Tagen durchdrungen.

Auch bei anderen Versuchspflanzen (Senf, Lein) war das Gewicht der lufttrockenen Wurzeln bei niedriger Bodentemperatur am höchsten. Die Verdunstungsgröfse der in derartigen Verhältnissen erzogenen Pflanzen war geringer als bei den Exemplaren von gleicher Entwicklung, die bei normaler oder erhöhter Temperatur erwachsen waren.

Fehlschlagen der Ananas.

Der Umstand, dafs die in Europa in Glashäusern kultivierten Ananas durch das gröfsere Aroma die importierten Früchte übertreffen, erhält die Kultur in vornehmen Privatgärtnereien in einzelnen Gegenden (z. B. Schlesien) noch in namhafter Ausdehnung. Die gröfste Gefahr bei dieser Kultur liegt in dem „Durchtreiben", d. h. dem fortgesetzten Blattwachstum zu einer Zeit, in der die Pflanze in eine Ruheperiode treten mufs, um einen Fruchtstand anzulegen. Die Ursache liegt in der unzeitigen Wärme- und Wasserzufuhr während der Ruheperiode der Pflanze, die drei Jahre zu ihrer Entwicklung braucht. Nachdem die Pflanzen aus den Sprossen (Kindel) früherer Fruchtpflanzen auf Warmbeeten zwei Jahre hindurch herangezogen worden sind, werden sie im Herbst des dritten Jahres in eigens für die Ananastreiberei erbaute flache Glashäuser dicht unter der Glasfläche in Beete gepflanzt, die durch Kanalheizung eine hohe Bodentemperatur erhalten. Wenn die Pflanzen bei einer Temperatur, die etwa 25—27° C betragen soll, gut angewurzelt sind, mufs nunmehr die Wärme um mindestens 10 bis 12° C ermäfsigt werden und eine starke Trockenperiode eintreten. Erst wenn die Pflanzen dadurch zu vollständiger Ruhe gezwungen worden sind, darf im Februar das Antreiben beginnen, indem man sofort die früheren Wärmegrade im Boden wieder einwirken läfst und bald darauf die Erde stark mit warmem Wasser begiefst. Wenn nach vier bis sechs Wochen die Blätter der Pflanzen sich auszubreiten beginnen und im Herzen sich färben, darf man schliefsen, dafs der Fruchtstand durchbricht. Aus Besorgnis, dafs die Temperaturerniedrigung der Ananas schaden könne, werden vielfach Feuchtigkeit und Wärme nicht genügend herabgedrückt, und die Folge ist ein Fortwachsen der Pflanzen unter ausschliefslicher Blattproduktion.

Nach den Mitteilungen von Cousins[2]) zeigen sich bei der Kultur der Ananas in den Tropen dieselben Erscheinungen.

Das Glasigwerden von Orchideen.

Kurz erwähnt mögen hier zwei Fälle werden, in denen Pflanzen von *Oncidium* fast nur junge Triebe von glasig-durchscheinender Beschaffenheit entwickelten. Wenige Tage nach Erscheinen der glasigen Stellen an der Basis der Bulben fielen die Triebe um und verjauchten. Da Parasiten in den Anfangsstadien der Erkrankung nicht gefunden

---

[1]) Kossowitsch, P., Die Entwickelung der Wurzeln in Abhängigkeit von der Bodentemperatur in der ersten Wachstumsperiode der Pflanzen. Journ. f. experim. Landw. 1903; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1904, S. 451.

[2]) Revue cult. colon. 1902, No. 92.

werden konnten und die Schlankheit der älteren Triebe auf große Wärme und Feuchtigkeit hindeutete, so wurden die Pflanzen ohne jegliche weitere Behandlung in ein kühleres, helleres Gewächshaus gebracht. Nach einigen Wochen war die Erscheinung verschwunden.

Fehlschläge bei der Blumenzwiebeltreiberei.

Nach sehr heißen Sommern klagen in manchen Jahren die Gärtner, daß, entgegen allen Erwartungen, die Blumenzwiebeln sich schlecht treiben lassen, daß bei Anwendung der üblichen Wärmegrade die Blumen sich nur ungenügend aus der Zwiebel hervorschieben und letztere zu faulen beginnt. Dieselben Zwiebeln später als gewöhnlich zur Treiberei aufgesetzt und bei geringerer Wärme kultiviert, geben aber vollkommene Blumen.

Aus den mir bekannt gewordenen Einzelfällen habe ich folgende Anschauung gewonnen. Wenn eine heiße Witterungsperiode bereits im Frühsommer eintritt, wo die Blumenzwiebelfelder mitten in der kräftigsten Entwicklung sich befinden, wird das Laub durch die Hitze vorzeitig abgetötet und die Zwiebel notreif. Unter diesen Umständen scheint das Material, das später bei der Treiberei die stärkelösenden Enzyme liefern soll, in ungenügender Menge gebildet zu werden. Wenn nun bei der Treiberei der Zwiebeln im Winter die übliche hohe Temperatur zur üblichen Zeit zur Anwendung gebracht wird, so ist bei diesen notreifen Zwiebeln der Wärmereiz zu groß, da sie diesmal langsameres, allmählicheres Antreiben bei geringeren Wärmegraden verlangen. Wird diese Forderung nicht berücksichtigt, so findet das Reservematerial nicht die normale Verwendung zur Ernährung des Blütenschaftes, und die Zwiebeln faulen.

Ein anderer Fall, bei welchem ebenfalls die gewohnte Treibmethode dadurch versagt, daß die sonst üblichen und bewährt befundenen Temperaturen sich als zu hoch erweisen, besteht in dem „Umfallen der Tulpen“. Bei bestimmten frühen Sorten (rosablühenden) wurde beobachtet, daß die Blütenschäfte vor der Entfaltung der Blume umknickten. Unterhalb des Knotens, aus dem bei diesen Sorten (mehrere Zentimeter über dem Zwiebelhalse) die Blätter entspringen, zeigte sich eine glasige, 1—2 cm lange Stelle, die durch ihr allmähliches Einschrumpfen das Umknicken veranlaßte.

Die Untersuchung ergab reichliche Stärkefüllung des gesamten Zwiebelkörpers bei ungewöhnlicher Menge von Peroxydasen. Bei der Treiberei erwies sich aber, daß bei der hohen Wärmesteigerung die Stärke nur ungenügend gelöst, also zu wenig Baumaterial den aufgeschossenen oberirdischen Teilen zugeführt wurde. Das inhaltsarme Markgewebe des Schaftes war bei der schnellen Streckung an den glasigen Stellen zerrissen, und somit hatte der Schaft seine Steifung verloren. — Zwiebeln derselben Sendung, welche einige Wochen später, also der natürlichen Entwicklungszeit näher, unter denselben Wärmegraden zum Treiben aufgestellt wurden, entfalteten sich normal. Man sieht also, wie je nach der Witterung des Vorjahres und der Beschaffenheit der Zwiebeln dieselbe Treibhaustemperatur einmal günstig, ein anderes Mal ungünstig wirken kann, und es empfiehlt sich, zu Anfang der Treibperiode zunächst kleinere Proben warm zu stellen.

Bei Maiblumen äußert sich derselbe Zustand ungewöhnlich reicher Stärkeschoppung bei unzulänglichem Vorrat an stärkelösenden Enzymen in mangelhafter Entfaltung der Blütentrauben. Es entwickeln sich zu-

nächst nur einzelne der untersten Blumen der Blütentraube, und erst wenn diese verblüht sind, entfalten sich die oberen Glocken. Dadurch werden die getriebenen Maiblumen als Marktpflanzen unverkäuflich. Für derartige Fälle empfiehlt sich das von dem Garteninspektor Weber[1])-Spindlersfeld angewendete Verfahren, die Maiblumenkeime vor dem Einpflanzen mit Wasser von 35° R zu begiefsen. Jedenfalls wird dadurch die Lösung der Reservestoffe beschleunigt.

Man ersieht aus diesen Beispielen, dafs zum Gelingen der Treiberei der ruhende Pflanzenteil einen bestimmten Reifezustand erreicht haben mufs, der durch einen hinreichenden Vorrat von stärkelösenden Enzymen sich kennzeichnet.

Saatgut, das durch Selbsterhitzung gelitten hat.

Ohne auf die Streitfrage einzugehen, ob die Selbsterhitzung von unreif oder feucht auf Lager gebrachten Samen durch Oxydasewirkung oder durch Mikroorganismen, wie bei dem Heu[2]), oder durch beide Vorgänge zugleich erfolgt, betrachten wir hier nur den Gebrauchswert des erhitzten Saatgutes. Wir erwähnen als Beispiel eine Beobachtung von Bolley[3]), der sowohl bei dem im Schober (stack burned) als auch im Samenhaufen (bin burned) überhitzten Weizen fand, dafs der Embryo gebräunt oder gänzlich abgestorben war. Entwickeln sich die Körner überhaupt, so pflegen die Blattspitzen abzusterben und die Wurzeln ohne Haarbekleidung zu sein. Die geschädigten Körner haben ihre helle Farbe verloren und erscheinen bleich oder schon gebräunt. Die Samenschale ist blafs und runzelig. Der Geschmack der Körner ist in der Regel süfslich; die Keimkraft, selbst bei den gut aussehenden, geschwächt.

Die Schädigung der Keimkraft findet um so schneller statt, je weniger ausgereift die Samen eingebracht werden, oder je weniger Luftzug an den Aufbewahrungsorten herrscht, der den Wasserdampf entfernen könnte. Nach den Versuchen von Jodin[4]) erweist sich die Anwendung eines austrocknenden Mittels (gebrannter Kalk) als vorteilhaft.

Dreizehntes Kapitel.

Lichtmangel.

Das Verspillern.

Die Krankheit, welche durch mangelhafte Beleuchtung oder gänzliches Fehlen des Lichtes hervorgerufen wird, heifst das Verspillern (étiolement). Die einzelnen Stengelglieder der Mehrzahl der grünen Pflanzen werden ungemein lang und schwach. Die Blätter werden je nach der Pflanzenart, der sie angehören, entweder ebenso wie die Stengelinternodien sehr lang, schmal und schlaff (Mehrzahl der Monocotyledonen),

---

[1]) „Gartenflora", Berlin 1907, Heft 2, S. 26.

[2]) Miehe, H., Über die Selbsterhitzung des Heues. Arb. d. Deutsch. Landw. Ges. Heft 111, 1905, S. 76.

[3]) Bolley, H. L., Conditions affecting the value of wheat for seed. Agric. Exp. stat. North Dakota; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1894, S. 22.

[4]) Jodin, V., Sur la résistance des graines aux temperatures élevées. Compt. rend. 1899 cit. Bot. Jahresber. 1900, II, S. 420.

oder aber bilden sich überhaupt nur sehr wenig aus und bleiben ihr ganzes Leben hindurch in einem ähnlichen Zustande, wie sie in der Knospe gewesen (die meisten Dicotyledonen).

Mit der Gestaltsänderung ist eine Verbleichung der grünen Pflanzenteile, also verhinderte Ausbildung oder Zerfall vorhandener Chloroplasten verbunden. Ausnahmen finden wir nur bei den Gymnospermen, von denen die Mehrzahl aufserordentlich wenig empfindlich gegen Lichtentziehung ist. Allerdings erfolgt nach Burgerstein[1]) die Absorption des Endosperms langsamer, die epinastische Ausbreitung der Cotylen träger und unvollkommener als im Lichte, aber — mit Ausnahme von *Gingko biloba* und *Ephedra* — ergrünen die Keimlinge doch. *Cycas* und *Zamia* dagegen können auch bei günstiger Temperatur kein Chlorophyll in völliger Dunkelheit bilden. Unter den Coniferen sind die Larixarten die lichtbedürftigsten, da sie nur schwach bei Lichtabschlufs ergrünen, während dies vollständig bei den Cupressineen eintritt.

Die verschiedenartige Ausbildung der Blätter von verspillerten Pflanzen wird erklärt durch den Umstand, dafs das Blatt sich selbst grofsenteils ernähren mufs und dafs das Cellulosematerial, welches es zur Neubildung und Ausbildung der Blattzellen braucht, sich nur durch die Einwirkung des Lichtes an Ort und Stelle bilden kann. Wenn die Ernährung unterbleibt, so werden sich die in der Knospe angelegten Blattzellen durch Wasseraufnahme strecken und das Blatt wird sich dadurch etwas vergröfsern können: aber jedes weitere Wachstum, das auf Zellvermehrung beruht, wird unmöglich sein. Je mehr ein Blatt bei seiner späteren Vergröfserung am Licht auf die Zellvermehrung angewiesen ist, um so kleiner wird es bei Lichtabschlufs bleiben. Es wird sich ferner um so weniger entwickeln, je weniger Zellen ursprünglich als Blattanlage an der Stengelspitze sich bilden; ein stengelumfassendes Blatt wird sich darum mehr entwickeln können als ein quirlständiges, weil bei der Anlage des ersteren der ganze Stengelumfang tätig ist, bei Anlage des zweiten sich die Zellen in gleicher Stammhöhe auf so viel Blätter verteilen müssen, als der Quirl solche zählt. Ein weiterer Punkt, der auf die Ausbildung des Blattes auch im Finstern von Einflufs sein mufs, ist die Entfernung der Blattanlage von der Reservestoffquelle. Die erst entstehenden, einem Reservestoffbehälter zunächst liegenden schöpfen reichlicher aus dem Vorrat, werden daher gröfser als die später am verspillerten Stengel höher hinauf entstehenden Blätter. Es wird somit die Entwicklung des verspillerten Blattes von der individuellen Anlage und von dem in unmittelbarer Nähe befindlichen Nährmaterial abhängig sein.

Die Anlage der Monocotyledonenblätter erfolgt in der Mehrzahl der Fälle als stengelumfassender Wulst unter dem Vegetationskegel und zwar dort, wo Reservestoffbehälter vorhanden sind, in unmittelbarer Nähe dieser Behälter, aus denen das gelöste Baumaterial nur kurze Wege durch die verkürzte Achse zu machen hat (Gräser).

Nach den Erörterungen über die Verspillerungserscheinungen des Blattes bleibt die ungewöhnliche Streckung der etiolierten Stengelglieder zu erklären. Wir folgen hierin den Angaben von Kraus[2]). In der Regel sind die verspillerten Stengel dünner als normale, was von einer

---

[1]) Burgerstein, A., Über das Verhalten der Gymnospermen-Keimlinge im Lichte und im Dunkeln. Just's bot. Jahresb. 1900, II, S. 250.

[2]) Kraus, C., Über die Ursachen d. Formveränderungen etiolierender Pflanzen. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. VII, Heft 1 u. 2, S. 209 ff.

geringeren Anzahl von Zellen herrührt, und diese mangelnde Tätigkeit im Cambium des Stengels wird ihre Erklärung in der Annahme finden, daſs die vom Blatt erarbeiteten Nahrungsstoffe, die durch den Blattstiel in den Stengel eintreten, in radialer Richtung zunächst teilweis weiterwandern und das Cambium des Stengelinternodiums ernähren helfen. Fehlt diese Nahrungsquelle, d. h. ist das im Finstern schuppenförmig bleibende Blatt nicht im stande, Material für die Zellvermehrung zu schaffen, so bleibt das Stengelglied ohne wesentlich neue Zellbildung. Aber auch die Verdickung der Zellwandungen wird unterbleiben. Im normalen Stengel verdicken sich die Parenchymzellen der Rinde und die Prosenchymzellen des Holzes während ihrer Längsstreckung. Die Markzellen fangen aber erst an, sich zu verdicken, wenn ihre Streckung nahezu beendet ist, also am spätesten, da sie von dem aus dem Blatt in radialer Richtung nach dem Stamminnern wandernden Cellulosemicell erst dann erreicht werden, wenn dasselbe nicht mehr zur Verdickung der Holz- und Rindenzellen verbraucht wird. Im verspillerten Stengel ist aus Nahrungsmangel die Verdickung der Zellen nur angedeutet, so daſs sie oft bei Zellen, welche zwischen den einzelnen Gefäſsbündeln liegen und sich im normalen Zustande zu Holzzellen ausbilden, fast fehlt; daher findet man in etiolierten Pflanzen häufig nicht einmal einen geschlossenen Holzring. Was solchen Zellen an Verdickung abgeht, ersetzen sie durch gröſsere Länge, welche die der normalen Zelle um das Zwei- bis Vielfache übersteigt. Diese Überverlängerung findet ihre Erklärung in den modifizierten Spannungsverhältnissen der Stengelglieder.

Wenn man von einem noch fortwachsenden Stengelgliede den Rindenkörper ablöst, verkürzt sich derselbe; der isolierte Markkörper dagegen verlängert sich bedeutend. Man sieht daraus, daſs im Stengel das Mark eigentlich der streckende Faktor ist, während das übrige Gewebe den zurückhaltenden Faktor darstellt. Nur wenn der Stengel noch ganz jung ist, kann das Mark sein Ausdehnungsstreben befriedigen, weil die umgebenden Gewebe noch dünnwandig und sehr leicht dehnbar sind, also der Zugkraft, welche das Mark ausübt, leichter passiv folgen können. Allmählich aber erlischt die Dehnbarkeit der äuſseren Gewebe gänzlich, und das längere Mark wird jetzt durch die nunmehr, dickwandigen Rinden- und Holzelemente zurückgehalten. Im letzteren Entwicklungsstadium, kurz bevor das Stengelglied zu wachsen aufhört, gleicht sich der Unterschied in den Geweben wieder aus; denn nun wachsen die Markzellen mehr in die Breite als in die Länge infolge des zurückziehenden Einflusses der Rindenschichten, und in dieser Form werden die Markzellen stabil, da nun ihre Wandung die porösen Verdickungsschichten erhält.

Je länger also die Rindenelemente dehnbar bleiben. um so länger kann das Mark seinem Streben nach Verlängerung folgen und die übrigen Gewebe mit sich in die Höhe ziehen.

Die verspillernden Pflanzen haben vielfach Ähnlichkeit mit jugendlichen Organen, und man kann den Zustand des Verspillerns bis zu einem gewissen Grade als permanente Kindheitsform bezeichnen.

Nach der Besprechung der gestaltlichen Veränderungen haben wir noch einiger stofflicher Vorgänge zu gedenken. Wir erwähnen zunächst die Untersuchungen von E. Schulze und N. Castoro[1]) bei *Lupinus albus*.

---

[1]) E. Schulze u. N. Castoro, Beiträge zur Kenntnis der Zusammensetzung und des Stoffwechsels der Keimpflanzen. Zeitschr. f. phys. Chemie Bd. XXXVIII; cit Botan. Centralbl. 1904, Nr. 47, S. 540.

In verspillerten Keimlingen nimmt der Gehalt an Proteïnstoffen beständig ab, der Gehalt an Asparagin zu; Tyrosin und Leucin nehmen ab. Allerdings bewahren auch die am Licht erwachsenen Keimpflanzen lange einen hohen Asparagingehalt, enthalten aber sehr wenig Aminosäuren.

Die Versuche von PALLADIN[1]) lassen erkennen, dafs der verminderte Transpirationsstrom bei etiolierten Pflanzen eine zu geringe Aufnahme von Mineralbestandteilen, namentlich Kalk, veranlafst. Der Mangel an Kalksalzen läfst aber selbst bei eiweifsreichen Blättern keine weitere Entwicklung zu.

Dafs im Dunkeln erwachsene Pflanzen weniger widerstandsfähig gegen atmosphärische Einflüsse sind, hat WIESNER[2]) durch mehrfache Versuche gezeigt. Er fand beispielsweise, dafs im Lichte erzogene Keimlinge der Einwirkung des Regens und überhaupt des Wassers gegenüber viel resistenter sind als die im Dunkeln entwickelten Keimlinge.

Wie diese stofflichen Verschiedenheiten zum Ausdruck beim Wachstum kommen, zeigen die Beobachtungen von MAIGE[3]) an *Ampelopsis* und *Glechoma*. Diffuses Licht befördert die Bildung der Laubtriebe und kann sogar die Umbildung einer Infloreszenzknospe in einen kletternden Zweig veranlassen. Direktes Sonnenlicht bewirkt das Gegenteil.

Besonders wichtig für die Pathologie und namentlich den von uns vertretenen Standpunkt, dafs eine ganze Reihe von Krankheiten durch Verschiebung der enzymatischen Funktionen zustande kommt, sind die Untersuchungen von GREEN[4]). Derselbe bestätigt die Beobachtungen von BROWN und MORRIS, dafs nach einer Periode heller Beleuchtung der Vorrat an Diastase in den Laubblättern vermindert wird. Besonders sind es die ultravioletten und anstofsenden sichtbaren Strahlen, die eine solche Enzymverminderung hervorrufen. Eine solche Enzymzerstörung durch das Licht ist mit der bekannten Bakterienabtötung durch Licht zu vergleichen.

Die Beschattung.

Im wirtschaftlichen Leben sind die Schäden, die durch direktes Verspillern hervorgerufen werden, viel seltener und daher bedeutungsloser als die minder hochgradigen Vorkommnisse, die durch ungenügende Lichtzufuhr, also zu starke Beschattung entstehen und in einer Verminderung der Produktion an nutzbarer Substanz sich geltend machen. Über den Lichtentzug, den verschiedene Bäume ausüben, haben STEBLER und VOLKART[5]) Messungen vorgenommen. Sie fanden bei bedecktem Himmel eine Lichtverminderung bei der Kiefer um 50 %, bei der Birke 56, bei der Kirsche 78, bei Eiche, Birne und Apfel 82, bei der Buche sogar um 95 %.

---

[1]) PALLADIN, W., Eiweifsgehalt der grünen und etiolierten Blätter. Ber. d Deutsch. Bot. Ges. Bd. IX, S. 194. — Ergrünen und Wachstum der etiolierten Blätter. Ibid. S. 229.

[2]) WIESNER, J., Der Lichtgenufs der Pflanzen. Leipzig 1907, W. Engelmann. S. 260.

[3]) MAIGE, Influence de la lumière etc. Compt. rend. 1898, p. 420; cit. Bot. Jahresber. 1898, I, S. 587.

[4]) GREEN, J. REYNOLDS, On the action of light on diastase. Phil. Trans. of the R. Soc. of London. Ser. B., vol. 188; cit. Bot. Jahresber. 1897, I, S. 89.

[5]) STEBLER, F. G., u. VOLKART, A., Der Einflufs der Beschattung auf den Rasen. Landwirtsch. Jahrbücher d. Schweiz. Bern 1904; cit. Bot. Centralbl. 1906, Bd. 101, S. 60.

Da jede Pflanze ihr bestimmtes Lichtbedürfnis hat, so kommen auch Fälle vor, bei denen die Kultur Lichtüberschufs bietet, während der natürliche Standort nur gedämpftes Licht den Pflanzen zuteil werden läfst. Dieser Fall zeigt sich bei vielen unserer Hopfenfelder und bei manchen unserer Erdbeerkulturen [1]). In solchen Fällen bewirkt der Schatten eine Produktionssteigerung, aber in der Mehrzahl der Fälle drückt er die Menge der Trockensubstanz herab und schwächt die Färbung von Blatt und Blütenorganen. Für unsere Kolonialkulturen dürfte die Beschattungsfrage eine besondere Wichtigkeit erlangen. Auf Java sowohl wie in unseren ostafrikanischen Kolonien leiden nämlich häufig die Kaffeekulturen, und Zimmermann [2]) schiebt dies auf einen Mangel an Schattenbäumen, welche verhindern, dafs die Kaffeebäume sich übertragen, was z. B. in Usambara schon grofsen Schaden angerichtet hat. Es ist wahrscheinlich, dafs aufser Windschutz und Herabminderung der Temperatur namentlich eine geringere Lichtstärke dem Gedeihen des Kaffees förderlich ist.

Die verminderte Ernte bei unseren lichtbedürftigen Kulturen unter dem Einflufs des Baumschattens beruht nicht nur auf der beschränkten Lichtzufuhr, sondern auch auf geringerer Bodenerwärmung. Wie grofs die Unterschiede sein können, zeigen Versuche von E. v. Oven [3]), der innerhalb von 10 Augusttagen morgens 9 Uhr im freibesonnten Boden im Durchschnitt + 22,26 ° C, daneben unter einem Kirschbaume + 19,06 ° beobachtete. Bereits 1884 hatte Wollny [4]) den Einflufs der Bodenbeschattung durch die Unkräuter bei einem Kartoffelfelde gemessen und in einer Bodentiefe von 10 cm die Temperatur durchschnittlich um 2,6 C geringer auf dem verunkrauteten Acker gefunden.

Nächst der Temperatur spricht der Wassergehalt des Bodens mit. Wie sehr die Bodenfeuchtigkeit die Blattgröfse beeinflufst, zeigen die Messungen von Gain [5]), der, die Länge der Organe auf trockenem Standort = 100 gesetzt, die Dimensionen auf feuchtem Boden bei Gerste = 240, bei Mohn = 550, bei Kartoffeln = 150 berechnete.

Wenn die Pflanzen dauernd zu wenig Wasser haben, wird ihr Ausleben verzögert und natürlich auch ihre Produktion wesentlich herabgedrückt. In dieser Beziehung sind die Versuche von Bimer [6]) zu erwähnen, der bei Kartoffeln in einem Boden mit 40 bis 30 % der Wasserkapazität die Reife der Stauden um 8 Tage, bei 30 bis 10 % um 18 Tage sich verspäten sah gegenüber den Stauden mit reichlicher Bodenfeuchtigkeit (80 % der Wasserkapazität). Bei demselben hohen Feuchtigkeitsgehalt des Bodens erntete Wollny bei Topfkulturen 80 g an Knollen, während er bei dem halben Wassergehalt der Erde nur 39 g und bei 20 % der Wasserkapazität nur 19,5 g an Knollengewicht erhielt.

Bei der Kultur krautartiger Pflanzen mit flach streichenden Wurzeln wird der Ertrag durch die tiefer liegenden Baumwurzeln merklich

---

[1]) Taylor, O. M., u. Clark, V. A., An experiment in shading strawberries. New York Agric. Exp. stat. Geneva Bull. 246, 1904.

[2]) Zimmermann, A., Einige Bemerkungen zu dem Aufsatze von Fr. Wohltmann usw. Berichte über Land- u. Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika. Bd. I, Heft 5, 1903.

[3]) v. Oven, Über den Einflufs des Baumschattens auf den Ertrag der Kartoffelpflanze. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft 1904, S. 469.

[4]) Wollny, Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik Bd. VII, S. 349.

[5]) Bot. Centralbl., Beihefte, Bd. IV, S. 418.

[6]) Bimer in Biedermann's Centralbl. 1881, S. 154.

geschmälert. Bei den v. OVEN'schen Versuchen betrug der Wassergehalt unter einem Kirschbaum 20,24 %, in der unbeschatteten Nachbarschaft aber 21,78 %. Durch das Unkraut wurde einem Kartoffelfelde (nach WOLLNY) 2,86 % Wasser mehr entzogen als durch die Kartoffeln allein.

Den Einfluſs des Schattens auf die Pflanze selbst schildert v. OVEN nach eignen und anderen Beobachtungen. Die Stengelglieder werden länger, die Blätter schmäler, das Ausreifen wird verlangsamt. Epidermis, Gefäſsbündelscheide, die Wandungen der Ringgefäſse und des Markparenchyms sind weniger verdickt und die Verholzung geringer.

Die Ursache der verlängerten Vegetationszeit der Schattenpflanzen muſs in der geringeren Intensität des Stoffwechsels gesucht werden, die sich durch die schwächere Atmung kund gibt. Da unseren Versuchen nach, unter sonst gleichen Verhältnissen die Gröſse der Assimilationstätigkeit die Höhe der Transpiration bestimmt, so erklärt sich auch die wesentlich geringere Verdunstung und daher ein höherer Wassergehalt der Schattenpflanzen.

Von den zahlreichen Untersuchungen, welche eine Depression der Ernte durch die Beschattung feststellen, und die v. OVEN auſser seinen eigenen anführt, interessiert die von WEISKE an einem Weizenfelde. Die Pflanzen, die einen groſsen Teil des Tages durch Obstbäume beschattet waren, zeigten einen um 30 % verminderten Körnerertrag und eine um 32 % geringere Strohmenge gegenüber den unbeschatteten Pflanzen desselben Feldes.

Besonders bemerkenswert sind die Ergebnisse, die PAGNOUL[1]) erzielte. Er fand bei Versuchen mit Zuckerrüben einen starken Rückgang des Zuckergehaltes unter Anwachsen der Blattmenge pro Gramm Rübenkörper und bei Kartoffeln einen geringeren Knollenertrag mit bedeutendem Rückgang an Trockensubstanz. Auſserdem aber wies er nach, daſs der Nitratgehalt in den unter geschwärztem Glase kultivierten Rüben und Kartoffeln in Blättern und Wurzeln mehr wie zehnmal so groſs als bei den in freier Besonnung erwachsenen Pflanzen war. Die physiologische Arbeit wurde also im Schatten geändert, indem die salpetersauren Salze nicht genügend verarbeitet wurden.

Einige der v. OVEN'schen Versuche beschäftigten sich auch mit der Messung der Lichtstärke, die nach Durchgang der Sonnenstrahlen unter einer Baumkrone noch vorhanden war. Es stellte sich nach der BUNSEN-ROSCOE'schen Methode heraus, daſs das Verhältnis des vollen Tageslichtes zur Lichtmenge unter den Obstbäumen etwa wie 1 : 0,3 sich erwies. Der Schatten der Apfelbäume setzte die Lichtintensität durchschnittlich von 1 auf 0,234, der Schatten der Birnbäume von 1 auf 0,233, derjenige der Kirschbäume von 1 auf 0,345 herab.

Für den praktischen Betrieb dürfte aus den vorliegenden Beobachtungen sich die Lehre ziehen lassen, daſs der so vielseitig empfohlene gemischte Anbau von Obstbäumen zwischen Feldkulturen für die nördlichen Gegenden unrentabel ist. Für südliche Länder, bei denen ein Licht- und Wärmeüberschuſs zeitweise die Kulturen schädigt, wird die Methode vorteilhaft sein. Bestätigt sehen wir diese Ansicht dadurch, daſs Italien seine Felder mit Streifen von Maulbeer- und

[1]) Annales agronomiques Bd. VII, 1891 (cit. v. OVEN).

Ölbäumen sowie mit Weinstöcken durchzieht. Nach LINSBAUER[1]) beruht die Kultur des Weinstocks in Italien (Pergolaform) und in den österreichischen Ländern (niedrige Pfahlform) auf der Anpassung an die Lichtverhältnisse. In den südlichen Gegenden gestattet die längere Sonnenscheindauer die schattige Kulturmethode in Lauben, während die nördlicheren Länder bei kürzerer Zeit des Sonnenscheins denselben mehr ausnutzen müssen.

Über die Struktur der Schattenblätter liegen die bekannten Studien von STAHL vor, von denen wir nach FRANK-SCHWARZ Abbildungen von Buchenblättern wiedergeben. In Fig. 152 sehen wir ein in der Sonnenbeleuchtung gewachsenes, in Fig. 153 ein im Halbschatten, in Fig. 154 ein in sehr starkem Schatten erwachsenes Buchenblatt. Wir erkennen daraus, wie das Blatt an Masse mit der mangelnden Beleuchtung abnimmt.

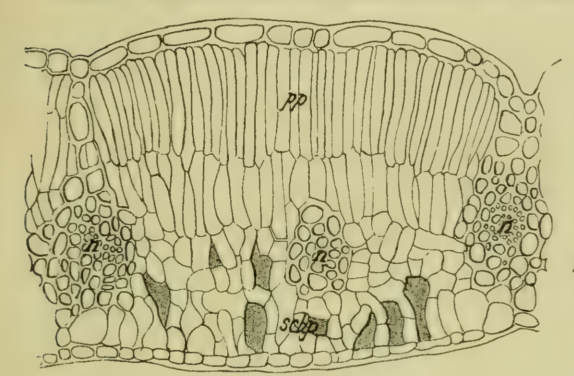


Fig. 152. Querschnitt durch ein in der Sonne erwachsenes Buchenblatt. (Nach STAHL.)

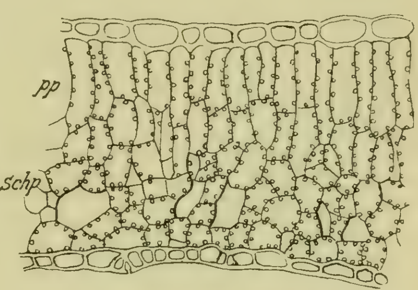


Fig. 153. Querschnitt durch ein Buchenblatt aus halbschattiger Lage. (Nach STAHL.)

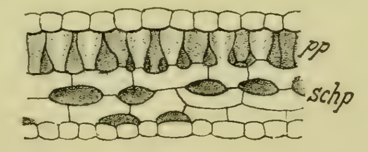


Fig. 154. Querschnitt durch ein Buchenblatt von sehr schattigem Standort. (Nach STAHL.)
pp Palisadenparenchym, *sch* Schwammparenchym.

Die Palisadenzellen (*pp*) werden in weniger charakteristischer Weise ausgebildet, das Schwammparenchym (*schp*) wird wesentlich reduziert und die Gefäfsbündelstränge werden schwächer. Der geringeren Blattentwicklung entspricht eine schwächlichere Knospe.

Die Ausbildung des Gewebes, namentlich die Differenzierung in den parenchymatischen Gewebeformen[2]), hängt von der Belichtungsintensität im Frühjahr ab. HESSELMANN[3]) fand, dafs Pflanzen, die ihre Entwicklung bei einem stets herabgesetzten, jedoch nicht besonders

[1]) WIESNER, Lichtgenufs der Pflanzen. 1907.
[2]) MAC DOUGAL, D. F., The influence of Light and Darkness etc.; cit. Bot. Centralbl. 1903, Bd. XCII, S. 296.
[3]) HESSELMANN, H., Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Beih. Bot. Centralbl. Bd. 17, 1904, S. 311.

niedrigen Lichtgenuſs vollziehen, eine weit geringere Ausbildung des Assimilationsgewebes aufweisen, als solche Exemplare, welche im Frühling viel Licht genieſsen, im Sommer aber stark beschattet sind. Bei gleicher Gröſse der Blattfläche transpirieren die Sonnenpflanzen mit ihrem ausgebildeten Palisadenparenchym bedeutend stärker als die Schattenpflanzen[1]). Nach Ricôme[2]) sollen die Palisadenzellen höher, aber enger, die Gefäſsbündel in den Blattstielen zahlreicher sein. Derselbe Unterschied besteht zwischen Exemplaren im Freien und in Gewächshäusern[3]).

Betreffs der Arbeitsleistung von Licht- und Schattenblättern gewähren uns die Untersuchungen von Graf zu Leiningen[4]) einen genügenden Einblick. Er fand bei Buche auf dieselbe Blattfläche berechnet den Gehalt an Reinasche (mit Ausnahme der Kieselsäure) bei den Sonnenblättern bedeutend geringer als bei den Schattenblättern; ebenso verhielt sich der Stickstoffgehalt. Wir erklären uns den Sachverhalt folgendermaſsen. Der Wurzelapparat versorgt die Blattanlagen mit gleichen Mengen von Mineralstoffen. Es kommt nun darauf an, wie dieselben ausgenutzt werden. Je kräftiger eine Pflanze vegetiert, desto mehr organische Substanz produziert sie pro Gramm Aschenbestandteile. Es wird also jedesmal auf eine geringere Assimilationstätigkeit geschlossen werden müssen, wenn die Analyse einen in Beziehung zur Trockensubstanz hohen Aschengehalt nachweist. Im vorliegenden Falle ist die geringe Lichtmenge der die Produktion herabdrückende Faktor.

Die Schattenempfindlichkeit ist für jede Pflanzenart allerdings auch an bestimmte Grenzwerte gebunden, aber diese Werte sind, wie bei allen Wachstumsfaktoren individuell bis zu einem gewissen Grade verschiebbar, so daſs es innerhalb derselben Spezies schattenempfindlichere Rassen gibt, bei denen, wie Nordhausen[5]) meint, gewisse Reduktionserscheinungen erblich werden.

Jedes Blatt an einer Pflanze hat seine besondere Schattenempfindlichkeit je nach den Belichtungsverhältnissen, unter denen es entstanden ist, und je nach seiner Stellung an der Achse. Am meisten spricht dabei die Beschattung mit, welche darüberstehende Blätter ausüben. Assimilations- und Atmungsgröſse sowie die Transpirationsgröſse werden dadurch bestimmt. Bei den Versuchen von Griffon[6]) beispielsweise zeigte sich, daſs ein so dickes Blatt wie das von *Prunus Laurocerasus* noch nicht imstande war, bei direktem Sonnenlichte die Kohlensäurezersetzung eines Blattes von *Ligustrum ovalifolium* gänzlich zu verhindern. Hinter zwei solchen Blättern dagegen fand nur noch Ent-

---

[1]) Bergen, J., Transpiration of sun leaves and shade leaves of Olea europaea and other Orval-leaves evergreens. Bot. Gaz. Bd. 38, 1904, S. 285.

[2]) Ricôme, R., Action de la lumière sur des plantes étiolées. Rev. gen. de Bot. 1902, t. XIV, p. 26.

[3]) Küster's Referat über „Bédélian, Influence de la culture en serre etc.“ in Hollrung's Jahresber. über Leistungen auf d. Geb. der Pflanzenkrankh. Bd. VII, 1905, S. 7. (Weitere Notizen über Sonnen- und Schattenblätter s. Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie 1903, S. 24 usw.)

[4]) Wilhelm Graf zu Leiningen, Licht- und Schattenblätter der Buche. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. 1905, III. Jahrg., Heft 5.

[5]) Nordhausen, M., Über Sonnen- und Schattenblätter. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. XXI, 1903, S. 30.

[6]) Griffon, Ed., L'assimilation chlorophyllienne dans la lumière solaire, qui a traversé des feuilles. Compt. rend. CXXIX, Paris 1899, S. 1276.

wicklung von Kohlensäure statt. Unter solchen Verhältnissen war also der Assimilationsprozeſs bereits derart herabgedrückt, daſs der Atmungsprozeſs ihn übertraf.

Es kommt natürlich auch darauf an, wie die beschattenden Pflanzenteile gefärbt sind, also welche Lichtfarben noch hindurchgehen können. Nach Teodoresco [1]) entwickeln sich die Blattgewebe am schlechtesten im grünen Licht; im roten Licht zeigen sie bessere, im blauen aber die beste Ausbildung, also gröſste Streckung. Auch die Chlorophyllkörner sind im grünen Licht kleiner, weniger zahlreich und nicht so regelmäſsig verteilt als im roten und blauen Licht.

Entsprechend der Ausbildung der Chloroplasten erweist sich auch das Arbeitsprodukt derselben bei den stärkst brechbaren Strahlen besonders günstig. Palladin [2]) setzte etiolierte Cotyledonen von *Vicia* auf Zuckerlösungen dem weiſsen und farbigen Lichte aus und fand, daſs sowohl die Assimilation des Zuckers als auch die Bildung aktiver Proteïde durch die stärker brechbaren Lichtstrahlen am wirksamsten vor sich ging; auch die Atmung war intensiver.

Wenn das Blatt durch mangelhaften Lichtgenuſs nicht mehr arbeiten kann, fällt es ab, wie bei Einwirkung aller anderen Faktoren, die seine Assimilationstätigkeit aufheben [3]). Daraus erklärt sich der regelmäſsige „Sommerlaubfall“, der vom „Hitzelaubfall“ natürlich verschieden ist. Wiesner [4]) erklärt den Sommerlaubfall damit, „daſs das dem Sommerbeginn folgende Sinken der täglichen Lichtstärke ein Sinken des (absoluten) Lichtgenusses der betreffenden Pflanze unter das Minimum herbeiführt, wodurch alsbald ein Loslösen der Blätter herbeigeführt wird“.

Es ist selbstverständlich, daſs bei jeder Pflanze von der Ausgiebigkeit der Kohlenstoffassimilation die Menge der Blüten abhängig ist, also beschattete Exemplare weniger blühen. Ausschlieſslich diffuses Licht verzögert die Blütezeit und kann die völlige Reife der Früchte verhindern, so daſs die Samen gänzlich atrophieren können [5]).

Es kommen nun auch Fälle vor, wo Pflanzen mit bisheriger reichlicher Assimilation vor ihrer Blütenbildung verdunkelt werden. Im Dunklen erscheinen die Blüten in der Regel später, ihre Farbe wird blasser, bisweilen weiſs, ihre Gröſse und Substanzmenge geringer, die Blütenstiele nicht selten länger [6]). Wenn aber die Blätter im Licht verweilen und nur die Blütenknospen tragenden Äste verdunkelt werden, dann entwickeln sich nach Kraus [7]) mit wenigen Ausnahmen die Blumen vollkommen.

Wir haben bereits im vorhergehenden Abschnitt der Dünnwandigkeit der Zellelemente bei etiolierten Pflanzen gedacht.

---

[1]) Teodoresco, E., Influence des différentes radiations etc.; cit. Bot. Jahresber. 27. Jahrg., 1901, Tl. II, S. 133.

[2]) Palladin, W., Influence de la lumière etc.; cit. Bot. Jahresber. Jahrg. 1899, II, S. 134.

[3]) Vöchting, H., Über die Abhängigkeit des Laubfalls von seiner Assimilationstätigkeit. Bot. Zeit. 1891, Nr. 8 u. 9.

[4]) Wiesner, Jul., Über Laubfall infolge Sinkens des absoluten Lichtgenusses (Sommerlaubfall). Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Jahrg. XXII, Heft I, 1904, S. 64.

[5]) Passerini, N., Sopra la vegetazione di alcune piante alla luce solare diretta e diffusa. S. Just's Jahresber. 1902, II, S. 628.

[6]) Beulaygue, Einfluſs der Dunkelheit [auf die Entwicklung der Blüten. Biedermanns Centralbl. 1902, S. 102.

[7]) Kraus, Über die Ursachen der Formveränderungen etiolierender Pflanzen. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot, Bd. VII, S, 209.

Das Lagern des Getreides.

Halmsenkungen von längerer Dauer bewirken einen Rückgang in Quantität und Qualität der Ernte. Sie sind um so gefährlicher, je mehr die Biegung des Halmes in eine wirkliche Knickung übergeht. Man war früher geneigt, eine einzige Ursache des Lagerns anzunehmen, bis die späteren Beobachtungen feststellten, daſs sehr verschiedenartige Faktoren dabei zur Wirksamkeit kommen können, und je nach diesen Ursachen das Umlegen der Halme bald an der Basis im Erdboden oder dicht über demselben oder in einer höheren Halmregion erfolgt.

So wissen wir jetzt, daſs vielfach Frostschäden Schwächungen des Halmes herbeiführen, die ohne oder (meistens) unter späterer Mitwirkung von Pilzen ein Umknicken einleiten. Ferner sind Insektenfraſs, Windbruch, Hagelschlag, lang andauernder Regen nicht selten Veranlassung zu einem direkten Umknicken der Halme.

Während aber die Mehrzahl der genannten Faktoren ein gruppenartiges Umlegen des Getreides veranlaſst, so daſs dazwischen aufrechtstehende Halme verbleiben, ist das eigentliche, vom Landwirt am meisten gefürchtete Lagern ein in zusammenhängenden Flächen auftretendes Umknicken infolge zu schwacher Ausbildung der Halmbasis.

Daſs dasselbe durch Lichtmangel hervorgerufen wird, hat L. Koch [1]) experimentell genau nachgewiesen, indem er künstlich die Erscheinungen des Lagerns dadurch zustande gebracht hat, daſs er die Halme beschattete. Es werden dadurch die bereits früher von Gronemeyer [2]) gemachten Angaben bestätigt. Die Schwäche des Halmes, die das Knicken bei dem Lagern bedingt, zeigt sich wesentlich in den unteren Stengelgliedern, und besonders ist es das zweite Internodium (von der Halmbasis aus gerechnet), welches dem Einknicken am meisten unterworfen ist.

Das erste, unterste Stengelglied ist zwar ebenfalls schwach, aber in der Regel zu kurz: dagegen ist das zweite am meisten gestreckt und am wenigsten verdickt. Die Zellen dieses Internodiums zeigen beim Lagergetreide im Verhältnis zu den entsprechenden des normalen Stengels eine bedeutende Überverlängerung und mangelhafte Verdickung. Letztere ist besonders bei denjenigen Zellen in die Augen springend, welche am Halm den Raum zwischen Oberhaut und Gefäſsbündelscheide einnehmen und im wesentlichen durch ihre Verdickung die Festigkeit des Halmes bedingen.

Das Lagergetreide entsteht also, wenn bei dichtem Stand der Saaten eine genügende Beleuchtung der unteren Internodien unterbleibt. Die zu starke Beschattung wirkt auch in ganz frühen Entwicklungsstadien der Pflanze schon nachteilig durch Überverlängerung der Zellen und geringe Verdickung der Wandungen, was, wie gesagt, vorzugsweise im zweiten Internodium von unten stattfindet. Diese Übelstände werden an derjenigen Stelle des Internodiums um so stärker auftreten, wo die Blattscheide den Halm am dichtesten umschlieſst: dies findet in der Nähe der Basis des Stengelgliedes statt, und hier zeigen sich denn auch die Verspillerungserscheinungen am klarsten und intensivsten.

Früher wurde als Grund für das Lagern des Getreides Mangel an Kieselsäure angenommen: dies ist jetzt als irrig zu erklären, da sich bei

---

[1]) Ludwig Koch, Abnorme Änderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung.

[2]) Gronemeyer in Agronom. Zeit. 1867, Nr. 34.

den Wasserkulturen der Getreidepflanzen herausstellte, daſs die Kieselsäure in minimalen Mengen genügt, eine normale Pflanze zu erzeugen, und da die Analysen von gelagertem Getreide gegenüber einem nicht gelagerten wenig Unterschied im Kieselsäuregehalt gezeigt haben. Auch in den normalen Pflanzen sind, wie PIERRE am Weizen, ARENDT an der Haferpflanze nachgewiesen haben, die untersten Internodien des Halmes am ärmsten an Kieselsäure, von welcher überhaupt das gröſste Quantum in den Blättern sich vorfindet. Dieselben können 7—18 mal reicher an Kieselsäure sein wie die unteren Stengelglieder.

In Verbindung mit dem Lichtmangel steht der zweite als Grund des Lagerns angegebene Punkt, daſs die Krankheit auf zu reiche Stickstoffzufuhr im Boden zurückzuführen sei. Allerdings kann diese eine Veranlassung abgeben, insofern dadurch eine zu üppige Entwicklung des Blattapparates hervorgerufen und die Beschattung wesentlich vermehrt wird; eine ebensolche Veranlassung wird aber überhaupt jeder Umstand geben, der zu dichten Stand der Saaten bedingt, also z. B. zu starke Aussaat, reiche Wasserzufuhr usw.

Wie sehr die Ausbildung der Frucht sich durch verschiedene Stickstoffdüngung ändern und die Pflanze zum Lagern geneigt gemacht werden kann, erfahren wir aus den Untersuchungen von RITTHAUSEN und POTT[1]). Während die Körner des Sommerweizens bei reicher Stickstoffzufuhr zwar gut ausgebildet, aber klein, hart und glasig wie das Saatgut sich zeigten, erwiesen sich die Samen der nicht mit Stickstoff gedüngten Parzellen gröſser, halbmehlig und hellfarbig. Die Pflanzen der Stickstoffparzellen lagerten nach wenigen starken Regengüssen. KREUSLER und KERN bestätigen die obigen Angaben[2]). In der reinen Phosphorsäuredüngung dürften wir ein Mittel haben, die Gefahren einer zu hohen Stickstoffzufuhr zu mildern. Wenigstens ergaben die bei Weizen und Gerste von vorgenannten Autoren erhaltenen Resultate, daſs eine Düngung mit Phosphorsäure allein (Bakerguano mit 18,97 % löslicher P_2O_5) eine Depression des Stickstoffgehalts der Körner zur Folge hatte.

Aber abgesehen von der Zusammensetzung der Körner, die durch erhöhte Stickstoffzufuhr geändert wird, muſs doch auch die Gesamtmenge der Ernte in Betracht gezogen werden, welche bei zu üppigem und dadurch zu dichtem und dunklem Stande der Pflanzen nicht wenig leidet. Versuche, welche sich an die im praktischen Betriebe vorkommenden Verhältnisse am meisten anlehnen, indem sie den Einfluſs seitlicher Beschattung dartun, sind von FITTBOGEN[3]) ausgeführt worden. Derselbe beschattete Gerstenpflanzen unter sonst vollkommen gleichen Ernährungsverhältnissen durch einen um dieselben angebrachten Zylinder von nebeneinander befestigten Roggenhalmen, der in dem Maſse in die Höhe geschoben wurde, als die an der Spitze immer beleuchtete Versuchspflanze selbst sich verlängerte. Die Pflanzen hatten also Licht zur Produktion, aber doch nicht genügend: sie brachten daher nur etwa 2/3 von der Trockensubstanzmenge der allseitig beleuchteten Pflanzen hervor, trotz ihres 4—6 Wochen längeren Wachstums, das sie bis zur völligen Reife brauchten. Die Trockensubstanz war aber auch noch viel ungünstiger auf die einzelnen Ernteprodukte verteilt. Während

---

[1]) Landwirtsch. Versuchsstationen 1873, S. 384.
[2]) Centralbl. f. Agrikulturchemie 1876, I, S. 401.
[3]) Vortrag aus dem Klub der Landwirte am 14. Dez. 1875.

nämlich unter normaler Beleuchtung bei der kleinen Gerste von der Gesamttrockensubstanz 47 % auf die Körner und 53 % auf Stroh und Spreu kamen, wurden bei den beschatteten Pflanzen auf 61 Gewichtsteile Stroh und Spreu nur 39 % Körner geerntet, die auch qualitativ geringer waren. Betreffs des Wasserverbrauchs ergab sich, dafs die seitlich beschatteten Pflanzen trotz ihrer mindestens 6 Wochen längeren Vegetationszeit innerhalb der heifsesten Monate Juli und August doch nur etwa 1/10 mehr Wasser verbraucht hatten; in derselben Zeiteinheit also verdunsteten sie absolut bedeutend weniger als die normal beleuchteten Exemplare, entsprechend der geringeren Produktion an Trockensubstanz. Relativ dagegen wird die Pflanze viel Wasser verdunstet haben: so sehen wir denn bei den beschatteten Pflanzen über 500 g Wasser pro Gramm Trockensubstanz verbraucht, während die normal beleuchteten Exemplare nur etwas über 300 g auf dieselbe Trockensubstanzmenge ausgehaucht haben. Also auch bei diesem Vegetationsfaktor sehen wir denselben Einflufs auf die Transpiration wie bei den anderen (Bodenlösung, Kohlensäuregehalt der Luft usw.). Eine unterhalb des Optimums beharrende Zufuhr eines Vegetationsfaktors erhöht den relativen Wasserverbrauch pro Gramm produzierter Trockensubstanz.

Der durch Lager hervorgerufene Schaden wird in vielen Fällen bei Getreide dadurch vermindert, dafs dasselbe die Fähigkeit besitzt, sich wieder aufzurichten. Der Vorgang des Aufrichtens beruht in der Fähigkeit der Halmknoten, noch zu einer Zeit Wachstumserscheinungen zu zeigen, in der die Zwischenglieder bereits verholzt sind. Nach der Erklärung von de Vries[1]) erfolgt dadurch, dafs der Halm mit seinen Knoten nun zur Horizontalen geneigt ist, auf der der Erde zugewendeten Hälfte des die Biegung ausführenden Knotens durch den Einflufs der Schwerkraft eine Neubildung von osmotisch wirksamen Stoffen in den Parenchymzellen. Diese ziehen Wasser an, dehnen sich mehr aus und heben auf diese Weise das über dem Knoten sitzende Halmglied.

Wir möchten aber auf Grund der Forschungen von G. Kraus[2]) annehmen, dafs nicht eine gröfsere Neubildung von osmotisch wirksamen Stoffen (Säuren), sondern ein längeres Verbleiben derselben auf der konvexen Seite infolge verminderter Verbrennung der organischen Säuren zu Kohlensäure erfolgt. Wenigstens konstatiert Kraus bei Eintritt geotropischer und heliotropischer Krümmungen auf der konvexen Seite ebensoviel Säure wie auf der konkaven.

Das einzige, wirklich erfolgreiche Vorbeugungsmittel liegt in dünnerer Saat, deren Quantum nach der Bodenbeschaffenheit aber modifiziert werden mufs. Auf sandigem Boden wird dichter gesät werden müssen als auf lehmigem, und bei magerer Düngung dichter als bei reichlicher Stickstoffzufuhr. Vor allem nützlich wird sich das Drillen erweisen, weil dadurch ein möglichst lockerer Stand der Pflanzen erzielt wird.

Wenn aber die Aussaat bereits geschehen ist und ein dichter Pflanzenbestand, üppige Entwicklung und feuchte Witterung ein späteres Lagern befürchten lassen, dann mufs man, durch scharfes Eggen, Walzen oder vorsichtiges Abweiden und Schröpfen einen Teil des

---

[1]) de Vries, Über die Aufrichtung des gelagerten Getreides. Landwirtschaftl. Jahrbücher von Thiel, IX, 1880, Heft 3.

[2]) Sitzungsber. d. naturf. Ges. zu Halle 1880; cit. Bot. Centralbl. 1882, I, S. 107.

Blattapparates zu entfernen suchen, um dem Lichte möglichst genügenden Zutritt zu verschaffen.

Betreffs der Kulturmafsnahmen müssen wir auf die soeben erschienene, höchst eingehende, auf experimentelle Studien gestützte Arbeit von C. KRAUS [1]) verweisen, weil nach den hier erwähnten verschiedenen Ursachen des Lagerns auch die Verhütungsmafsregeln mannigfaltig sein müssen. Im Prinzip handelt es sich nicht allein darum, kräftige, gegen Gleichgewichtsstörungen möglichst widerstandsfähige Pflanzen zu züchten, sondern auch dafür Sorge zu tragen, dafs die ober- und unterirdisch mechanisch gut ausgebildeten Pflanzen innerhalb der Erde durch einen zweckmäfsig entwickelten Wurzelapparat ihre unentbehrliche Stützung finden. Nach diesen beiden Richtungen hin wird jetzt auch die Zuchtauslese betrieben. Selbst das Wetter bei der Saatzeit wirkt schon bestimmend für die Lage des die Verankerung der Pflanze im Boden vorzugsweise regelnden Bestockungsknotens mit. Nach SCHELLENBERG [2]) liegen die Bestockungsknoten höher, wenn die Saat bei trübem Wetter sich entwickelt; es ist daher vorteilhafter (auch für die Überwinterung), wenn die Saat bei hellem Wetter aufgeht.

Bei an und für sich zum Lagern geneigten, schwachstengeligen Pflanzen tritt bisweilen neben dem Lagern ein Faulen der dem Licht gänzlich entzogenen Partien auf, was besonders verlustbringend bei dem Lagern der Futterwicken ist. Als Vorbeugungsmittel wird angeraten, etwas Pferdezahnmais mit auszusäen, an dessen Stengeln sich die Wicken hinaufwinden können und dessen Blätter ein gutes Futter darbieten.

Gegen das Lagern der Erbsen, Wicken u. dergl. wird auch empfohlen, Leindotter (*Camelina sativa*) etwa 6 l pro Hektar zwischenzusäen. Diese ganz frostharte Pflanze wird ungefähr gleichzeitig mit den Erbsen reif, und die Körner lassen sich leicht durch Siebe von den Erbsen trennen, während das in der Regel dazwischen gebaute Getreide (Sommerroggen, Hafer) viel schwieriger auszuscheiden ist und den Boden für die folgende Winterfrucht mehr aussaugt.

Auch hier, wie bei dem Getreide, richtet die Züchtung jetzt ihr Augenmerk auf die Lagerfestigkeit. Sehr vorteilhaft erweisen sich nach dieser Richtung die von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft herausgegebenen Flugblätter [3]), welche die neusten Ergebnisse von Anbauversuchen mit den einzelnen Sorten unserer Kulturpflanzen enthalten.

Lichtmangel als Krankheitsdisposition.

Wenn es sich um die Einwanderung von Parasiten handelt, so wird der mechanische Widerstand der Membran bei den verspillerten Pflanzen ein geringer sein. Es werden aber auch alle atmosphärischen Einflüsse leichter und deren Schwankungen unmittelbarer zum plasmatischen Zellleibe gelangen und dessen Funktionen stören können, selbst wenn eine verspillerte Pflanze ganz in derselben Weise und mit derselben Energie wie eine genügend beleuchtete arbeiten würde.

Letzteres ist nun aber keineswegs der Fall.

---

[1]) KRAUS, C., Die Lagerung der Getreide. Stuttgart 1908, Eugen Ulmer.

[2]) SCHELLENBERG, H. C., Untersuchungen über die Lage des Bestockungsknotens beim Getreide. Forsch. auf d Gebiete d. Landwirtsch. Frauenfeld 1902.

[3]) Mitteil. der Saatzuchtstelle über wichtige Sortenversuche 1905—1907 usw

Die erste Andeutung für eine Veränderung der Funktionen finden wir schon in einer Wanderung der Chlorophyllkörper an die Seitenwände bei Verdunklung. Gleichzeitig leitet sich auch eine andere bedeutungsvolle Änderung, nämlich das Schliefsen der Spaltöffnungen, ein. Diese schon früher bei vollkommener Dunkelheit beobachtete Erscheinung stellt sich aber nach SCHWENDENER [1]) auch schon bei plötzlicher Abnahme der Beleuchtungsintensität ein. Und das ist nicht etwa eine Folge der mit der Lichtabnahme verbundenen Wärmeerniedrigung; denn eine Temperaturerhöhung innerhalb der gewöhnlichen Schwankungen bewirkt kein Öffnen dieser Apparate. Dafs eine längere Unterdrückung oder doch Herabminderung des Gasaustausches Veränderungen des Zellinhaltes durch Sauerstoffmangel, also z. B. Neigung zur Alkoholbildung, herbeiführen kann, ist naheliegend. Diese Störungen werden um so leichter eintreten, je intensiver die Wachstumsfähigkeit und je gröfser das Durchlüftungsbedürfnis ist. Also gerade junge Organe werden dies empfinden, während alte, mehrjährige Blätter mit ihrem geringeren Lichtbedarf länger eine Beschränkung im Gasaustausch ertragen. Dies deutet die Natur auch schon durch die mit zunehmendem Alter gesteigerte Wandverdickung der Schliefszellen an, welche nach SCHWENDENER bisweilen so stark ist, dafs ein Öffnen der Spaltöffnungen überhaupt nicht mehr möglich ist.

Betreffs der geringeren Transpiration fand ich bei jungen, auf ihre Cotyledonen angewiesenen Keimpflanzen von *Phaseolus* den Unterschied zwischen etiolierten und normalen Pflanzen derart, dafs erstere pro Quadratzentimeter Blattfläche 0,21 g, letztere 0,29 g im Durchschnitt in derselben Zeiteinheit verdunsteten [2]). Parallel mit der Verdunstung geht unter sonst gleichen Verhältnissen die Produktion von Trockensubstanz einer Pflanze. Die Untersuchung ergab, dafs nicht nur die absolute Produktion der jungen Pflanzen eine wesentlich energischere am Lichte war, sondern dafs auch der Quadratzentimeter Blattfläche substanzreicher sich aufbaute. Ähnlich wie Lichtentziehung durch Verdunklung, wirkt auch Lichtschwächung durch Anwendung von gefärbten Medien, welche die Lichtstrahlen passieren müssen. Im gelben Lichte sind Assimilation und Transpiration energischer als im blauen Lichte; wenigstens spricht die Mehrzahl der Versuche dafür [3]).

Die Produktionsenergie und auch der Produktionsmodus der Pflanzen ändern sich mit der Lichtabnahme, und diese Veränderung äufsert sich nicht blofs in der gestaltlichen, sondern auch in der stofflichen Zusammensetzung.

Der bekannte Versuch, beleuchtete Blätter durch eine Schablone zu bedecken, die irgendeine etwas grofsflächige Figur zeigt, diese Blätter nach einigen Tagen durch Alkohol zu entgrünen und dann mit Jodlösung zu begiefsen, ist das einfachste Beispiel für die Veranschaulichung der Lichtarbeit. Man sieht dann die beleuchtet gebliebenen Blattstellen blau durch die gefärbte Stärke, die im Lichte gebildet worden ist. Dieser Versuch ist auch insofern von Interesse, als er zeigt, wie örtlich beschränkt zunächst die Beleuchtung wirkt. Nur der

---

[1]) SCHWENDENER, Über Bau und Mechanik der Spaltöffnungen. Monatsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin, Juli 1881; cit. Bot. Zeit. 1882, S. 234.

[2]) SORAUER, Studien über Verdunstung. Aus Wollny's „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik". Bd. I, Heft 4/5, S. 116.

[3]) Vergl. HELLRIEGEL, Beiträge S. 378. — NOBBE, Versuchsstationen XXVI, S. 354. — FLAHAULT, Bot. Centralbl. 1880, S. 932. — DEHÉRAIN, Bot. Zeit. 1873, S. 494.

beleuchtet gewesene Teil hat Stärke gebildet, und auf die verdunkelte Umgebung ist keine Stärke übergegangen. Man sieht daraus, dafs grüne Pflanzenteile sich ihr Baumaterial der Hauptsache nach selbst erarbeiten müssen, wenn sie dauernd bestehen sollen.

Dafs aus Knollen und Samen die mobilisierten Reservestoffe bis auf eine gewisse Länge in die jungen, gänzlich verdunkelten Triebe wandern, ist früher bereits erwähnt worden. Bei zu langem Wege gehen schliefslich aber doch die Triebe zugrunde, weil sie verhungern; sie veratmen mehr, als sie Atmungsmaterial in Form von Zucker und dergl. zugeführt erhalten. Dafs die Stärke bei ihrer Auflösung in Zucker übergeht und dieser teils zum Aufbau, teils zur Unterhaltung der Atmung Verwendung findet, lehren beispielsweise einige Versuche von Müller-Thurgau [1]). Weinblätter, welche 2% Zucker und ebensoviel Stärke enthielten, wurden abgeschnitten und mit dem Stiel in Wasser gesetzt; das Gefäfs kam in einen Raum von 0°. Nach 9 Tagen war die Stärke bis auf Spuren verschwunden. Da die Atmung des Weinstocks jedoch bei 0° eine sehr geringe ist, so konnte der durch Lösung der Stärke in der Dunkelheit entstandene Zucker nicht veratmet werden und mufste sich demgemäfs im Blatte anhäufen. Tatsächlich stellte die Untersuchung nun 4% Zucker in den Blättern fest.

Somit wird die Verdunklung die Zuckerbildung in den Organen gegenüber der Stärkebildung in den Vordergrund treten lassen. Wenn, wie dies bei dem Wachstum der Pflanzen im Freien häufig der Fall ist, mit der Lichtabnahme gleichzeitig eine wesentliche Temperaturabnahme stattfindet, so bedeutet dies eine Stauung von Zucker in den assimilierenden Geweben.

Jeder, der sich mit Kultur von Pilzen in Nährlösungen beschäftigt hat, weifs aber auch, wie günstig gerade eine Zuckerzufuhr auf die Entwicklung mancher parasitischer Pilze wirkt.

Trübe, kühle Tage werden also nicht nur die Assimilationsarbeit der grünen Pflanzenteile schwächen, sondern gleichzeitig durch Herabdrücken des Atmungsprozesses eine Zuckeranhäufung in den Blattzellen herbeiführen und somit die Herstellung eines günstigeren Mutterbodens für Parasiten ermöglichen.

Auch der Säuregehalt der Pflanzenteile ist bei Verdunklung ein wesentlich anderer als bei zusagender Beleuchtung des Organs.

Die Beobachtung ist schon alt, dafs manche Pflanzen (*Crassulaceen*) in der Nacht sauer schmecken [2]), während dies am Tage nicht bemerkbar ist [3]). Bei verspillerten Pflanzen konnte Wiesner erkennen, dafs die Blätter vieler monocotyler Gewächse äufserst reich an organischen Säuren seien [4]), und später machte de Vries die Beobachtung [5]), dafs auch die Stengel etiolierter Dicotylen stark sauer sind. Bei Be-

[1]) Müller-Thurgau, Über den Einflufs der Belaubung auf das Reifen der Trauben. Weinbaukongrefs zu Dürkheim a. d. H. 1882.

[2]) Heyne und Link in Jahrbuch der Gewächskunde von Sprengel, Schrader und Link, 1819, S. 70 u. 73.

[3]) Ad. Mayer, Über Sauerstoffausscheidung usw. Verhandl. d. Heidelberger naturf. Gesellsch. 4./8. 1875. — Landwirtsch. Versuchsstat. 1875, Bd XVIII, S. 410, Bd. XXI, S. 277.

[4]) Wiesner, Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. I, April 1874, Bd. 69; cit. Bot. Zeit. 1874, S. 116

[5]) de Vries, Über die Bedeutung der Pflanzensäuren für den Turgor der Zellen. Bot. Zeit. 1879, S. 852. — Über die periodische Säurebildung der Fettpflanzen. Bot. Zeit. 1884, Nr. 22 u. 23.

leuchtung verschwindet der reiche Säuregehalt, was wenigstens speziell für die Crassulaceen nachgewiesen worden, bei denen in der Nacht von de Vries nur dann eine reiche Säurebildung konstatiert werden konnte, wenn am Tage reichliche Beleuchtung der Pflanzen stattgefunden hatte. War die Lichtzufuhr am Tage nur auf einige Stunden beschränkt, so war auch der Säuregehalt in der Nacht entsprechend niedriger.

Steigerung der Wärme steigert auch die Säurezersetzung im Dunkeln. Kühlere Nächte führen zur Säurespeicherung.

Direkt nachgewiesen wird dies durch die Versuche von de Vries [1]). Es geht aus dem mit jedem folgenden Tage der Verdunklung sich steigernden Geringerwerden des Säureverlustes aber auch hervor, dafs das Verschwinden der Säure an den Vorrat des im Lichte erarbeitet gewesenen Materials zur Säurebildung gebunden ist.

Die Pflanzen produzieren also fortwährend Säuren und zwar um so energischer, je wachstumskräftiger ihre Organe sich erweisen. Bei Beleuchtung werden die Säuren in dem Mafse, wie sie entstehen, verbrannt; im Finstern speichern sich die Säuren, und verspillerte Pflanzen sind darum relativ säurereich. Die Unterdrückung der Inflorescenzen vermehrt den Gehalt an flüchtigen Säuren in den Blättern. Auch der Säuregehalt in den Wurzeln ist grofsen Schwankungen unterworfen und soll nach Charabot [2]) bei Pflanzen, die im Schatten kultiviert werden, sogar gröfser als in den Blättern sein. Im allgemeinen ist er in etiolierten Pflanzen gröfser.

Diese Anhäufung von Säure kann an und für sich schon solchen Pilzen, die Säuren zersetzen, die Möglichkeit der Ansiedlung und üppigen Entwicklung bieten; es kann aber auch noch eine übermäfsige Turgescenzsteigerung des Gewebes hinzukommen, da nach de Vries die Pflanzensäuren es vorzugsweise sind, welche die Turgorkraft der Zelle bedingen.

Wie sehr der Säuregehalt manchmal mafsgebend sein kann, beweisen die Untersuchungen von Viala und Pacottet [3]) über den *Black Rot (Guignardia Bidwellii)*. Die Impfversuche ergaben nur Erfolg bei jungen Beeren, solange der Säuregehalt den Zuckergehalt überwiegt. Nicht blofs der Gehalt an organischen Säuren steigert sich, sondern auch das indifferente Aschenmaterial wird durch veränderte Nährstoffaufnahme ein anderes. Dies geht aus den Versuchen von André [4]) hervor, der etiolierte Pflanzen durch erhöhte Temperatur (30°) zu besonderer Tätigkeit anregen wollte. Er fand aber nur eine aufserordentliche Steigerung der Kieselsäureaufnahme unter Ausschlufs anderer Mineralbestandteile.

Im engsten Zusammenhange mit den geschilderten Vorgängen der Bildung und Verbrennung der Kohlenhydrate steht auch die Eiweifszersetzung und -rückbildung in der Pflanzenzelle [5]).

Bei der Keimung und bei dem Austreiben der Knospen an Zweigen, Wurzeln und Knollen sehen wir die Produkte des Eiweifszerfalles.

---

[1]) Bot. Zeit. 1884, S. 340.

[2]) Charabot, E., et Hebert, A., Recherches sur l'acidité végétale. Compt. rend. 1904, CXXXVIII, p. 1714.

[3]) Viala, P., et Pacottet, P., Sur le développement du Black Rot. Compt. rend. 1904, CXXXIX, p. 152.

[4]) André, G., Wirkung der Temperatur auf die Absorption der Mineralstoffe bei etiolierten Pflanzen. Compt. rend. 1902; cit. Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie 1903, Heft. 2.

[5]) Pfeffer in Jahrb. f. wissensch. Bot. 1872, Bd. 8, S. 548. — Tagebl. d. Naturf.-Vers. z. Wiesbaden.

welche denen der künstlichen Eiweifszersetzung gleich sind, also Asparagin, Glutamin, Leucin, Tyrosin in gröfster Menge auftreten. Nach BORODIN's Untersuchungen [1]) treten diese Amidoverbindungen nun um so reichlicher auf, je weniger stickstofffreie Bestandteile (namentlich wohl Traubenzucker) vorhanden, welche zur Rückbildung von Eiweifs verwendet werden können.

Da nun bei verspillerten ebenso wie bei beleuchteten, aber in kohlensäurefreier Luft erzogenen Pflanzen die Neuproduktion von Kohlenhydraten unterbleibt und dieselben durch Veratmung von Tag zu Tag mehr verbraucht werden, so wird nun eine Anhäufung des Asparagins stattfinden. Von neueren Beobachtern erwähnen wir ZALESKI (s. folg. S.), der bei Keimlingspflanzen von *Allium Cepa* Vermehrung des Asparagins wahrnahm. Namentlich aber ist die schon erwähnte Arbeit von SCHULZE und CASTORO [2]) zu beachten, aus der hervorgeht, dafs z. B. bei etiolierten Keimpflanzen von *Lupinus albus* der Gehalt an Proteïnstoffen ab-, der Asparagingehalt aber beständig zunimmt. Tyrosin und Leucin nehmen ab.

Tatsächlich fand E. SCHULZE mehr als die Hälfte des Gesamtstickstoffs bei zwanzigtägigen, verspillerten Lupinenkeimlingen in der Form von Asparagin wieder [3]). Wenn nun fortdauernd der N-freie Teil des Eiweifsmoleküls veratmet wird und keine neuen N-losen Bestandteile vorhanden sind, um normales Eiweifs im Protoplasmakörper aufzubauen, so wird der Zellenleib die tiefgehendsten Störungen erfahren; es ist wahrscheinlich, dafs ein weiterer Zerfall nun Fäulniserscheinungen einleitet, welche den üppigsten Nährboden für Parasiten und Saprophyten herstellen. Das Asparagin wird von Pilzen bei Gegenwart von Zucker sehr gut verarbeitet. Bei Keimung von angefeuchtetem Kressesamen sah VOGEL [4]) im Dunkeln Schwefelwasserstoff entstehen, während in den Parallelversuchen mit beleuchteten Flaschen das Bleipapier nahezu keine Veränderung zeigte.

Bei den Blättern kann im Blattparenchym ein anderer Vorgang herrschen als in den Blattnerven. Bei jungen Dahliapflanzen wies BORODIN [5]) in den Blattnerven und im Blattstiel Salpeter nach, in dem Blattparenchym aber grofse Mengen von Tyrosin und keinen Salpeter. Es mag hier das Tyrosin kein Spaltungsprodukt, sondern ein synthetisches Produkt sein; denn wenn die jungen Triebe der Dahlia etiolieren, bildet sich kein Tyrosin, sondern Asparagin, das bei Wachstum unter Beleuchtung nicht zum Vorschein kommt.

Bisweilen findet man allerdings noch eine Zunahme an Eiweifsstoffen im Dunkeln, aber dann liegt die Ursache darin, dafs sehr reichlich Kohlenhydrate in Reservestoffbehältern zunächst noch zur Verfügung stehen, wie z. B. bei *Allium Cepa* von IWANOFF [6]) angegeben wird. Sind Kohlenhydrate vorhanden, so können selbst Blätter im Dunkeln

[1]) Bot. Zeit. 1878, S. 802 ff.

[2]) SCHULZE, E., und CASTORO, N., Beiträge zur Kenntnis der Zusammensetzung u. des Stoffwechsels der Keimpflanzen; cit. Bot. Centralbl. 1904, Bd. XCVI S. 540.

[3]) SCHULZE, E., Über den Eiweifsumsatz im Pflanzenorganismus. Landwirtsch. Jahrbücher 1880, S. 1—60.

[4]) VOGEL, Ein auffälliger Unterschied zwischen Keimen am Tageslicht und im Dunkeln; cit. Bot. Jahresber. 1877. S. 675.

[5]) Sitzungsber. d. Bot. Sekt Petersburg. Naturf. Ges. 1881; cit. Botan. Zeit. 1882, S. 589.

[6]) IWANOFF, M., Versuche über die Frage, ob in den Pflanzen bei Lichtabschlufs Eiweissstoffe sich bilden. Landw. Versuchsstationen 1901, S. 78.

den Nitratstickstoff in Eiweifsstickstoff umwandeln, wie ZALESKI[1]) bei Helianthusblättern fand, die in eine Nährlösung mit Nitraten und Zucker eingesetzt worden waren.

Wir haben hier einfach eine Summe von Tatsachen vorgeführt, welche die stofflichen Änderungen im Pflanzenleibe bei Lichtmangel dartun. Diese erklären zur Genüge die geringere Widerstandskraft der verdunkelten Pflanzenteile gegenüber atmosphärischen Einflüssen als auch parasitären Angriffen.

Vierzehntes Kapitel.

Lichtüberschufs.

Nach den Erfahrungen, die über den Einflufs der Wärme auf die einzelnen Vegetationsvorgänge in grofser Anzahl bereits vorliegen, ist von vornherein zu vermuten, dafs auch für die Lichtwirkung nicht nur eine Minimalgrenze vorhanden ist, sondern dafs auch ein bei jeder Pflanze für jeden Vorgang und für jede Kombination der Vegetationsfaktoren besonderer Beleuchtungsgrad existiert, der als der optimale bezeichnet werden kann und dessen Überschreitung einen Produktionsrückgang einleitet. In der Tat ist bereits bei einer Anzahl von Pflanzen die Beobachtung gemacht worden, dafs, wenn das Licht über ein gewisses Mafs hinaus gesteigert wird, die Assimilation, kenntlich durch die Sauerstoffausscheidung, nicht mehr fortschreitet, sondern stehen bleibt[2]) oder sogar zurückgeht[3]). Vorausgesetzt ist dabei ein normaler Kohlensäuregehalt der Luft; denn auch bei einem zu hohen Gehalt der Luft an diesem Bestandteil geht die Sauerstoffausscheidung zurück, wie schon BOUSSINGAULT und nach ihm PFEFFER[4]) dargetan haben. Ein optimaler Beleuchtungszustand macht sich im Aussehen der Pflanze kenntlich, indem dieselbe eine tiefgrüne Färbung erhält, welche sie bei gröfserer Steigerung der Lichtintensität über das Optimum hinaus verliert und dafür einen gelben Farbenton annimmt.

Bekannt ist die Erscheinung, dafs die dunkelgrünen Blätter der Kamelien nach dem Transport aus dem Glashause ins Freie an sonnigen Stellen Gelblaubigkeit zeigen. [Die Kamelie ist eine japanische Unterholzpflanze, die mit geringeren Lichtquantitäten schon zufrieden ist und bei den grellen Strahlen unserer Sommersonne mehr Chlorophyll durch Oxydation verliert, als durch den Reduktionsprozefs gebildet wird. Die Zersetzung des Chlorophylls durch Sauerstoffaufnahme (die übrigens auch bei Gegenwart von Körpern, die leicht Sauerstoff aus der Luft aufnehmen und ozonisieren [Terpentinöl] im Dunkeln stattfindet) ist bekanntlich an bestimmte Strahlengattungen gebunden. Nach WIESNER zeigen die gelben und die beiderseits benachbarten grünen und orangen Strahlen die gröfste Energie in der Zerstörung des Chlorophylls am Lichte.

---

[1]) ZALESKI, W., Die Bedingungen der Eiweifsbildung in den Pflanzen. Charkow 1900 (russisch); cit. Bot. Centralbl. 1901, Bd. 87, S. 277.

[2]) REINKE, L., Untersuchungen über die Einwirkungen des Lichtes auf die Sauerstoffausscheidung der Pflanzen. Bot. Zeit. 1883, Nr. 42 ff.

[3]) FAMINTZIN, Effet de l'intensité de la lumière etc.; cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 1460.

[4]) PFEFFER, Arbeiten d. Bot. Instituts zu Würzburg, herausgeg. v. Sachs. Heft I.

Ein anderes Beispiel von Gelblaubigkeit bei hoher Lichtintensität bieten einzelne gelbbunte Coleusvarietäten, welche sich anfangs grün entfaltende Blätter produzieren, die erst beim Älterwerden leuchtend gelbe Stellen annehmen. Ebenso werden manche gelbbunte Gartenvarietäten von Gehölzen erst bei starker Belichtung leuchtend gelb; im Schatten bleiben sie grüner.

Bei Tropenpflanzen beobachtete Ewart[1]) ein völliges Bleichen des Chlorophyllkorns infolge von Lichtüberschufs. Wenn der Lichtreiz über das spezifische Optimum sich steigert, hält zunächst noch die optimale und maximale Gasentwicklung kurze Zeit an; aber dann tritt ein Ermüdungszustand ein[2]). Dauert diese Überreizung nicht zu lange, kann die Pflanze wieder ihre normale Tätigkeit zurückerhalten. Die Überreizung kann auch schon bei unsern gewönlichen Lichtverhältnissen eintreten, wenn eine Pflanze ihrer Natur nach zu den Schattenpflanzen gehört. Ein hübsches Beispiel dafür bringt Weiss[3]) bei *Polypodium vulgare*, einer ausgesprochenen Schattenpflanze gegenüber *Oenothera biennis*, die eine ausgeprägte Sonnenpflanze ist. Letztere produzierte bei günstiger Temperatur im direkten Sonnenlicht ungefähr dreimal so viel Kohlensäure als im diffusen Licht, während erstere im diffusen Licht energischer assimilierte. Für die Wurzeln, die an Dunkelkeit gewöhnt sind, wird diffuses Tageslicht schon wachstumshemmend wirken können, wie dies Kny bei Lupinen, Saubohnen und Brunnenkresse fand[4]). Dabei beobachtete er an Lupinen gewöhnlich eine Verminderung des Dickenwachstums und eine Verzögerung in der Ausbildung des Zentralzylinders, wenn das Längenwachstum sich steigerte.

Eine sehr ausgesprochene Wachstumshemmung bei Anwendung von Röntgen- und Radiumstrahlen geht aus den Arbeiten von Dixon, Dixon and Wigham, Joseph und Prowazek, Max Koernicke und von Hans Molisch hervor[5]).

Bei Erbsenwurzeln wurde eine abnorme Verdickung und eine runzliche Oberfläche beobachtet, die augenscheinlich auf innere Spannungsdifferenzen zurückzuführen sind. Es kommen Kontraktionen dadurch zustande, dafs die Zellen des inneren Rindenparenchyms ihren radialen Durchmesser vergröfsern, während sie in longitudinaler Richtung kürzer werden. Bei anderen Versuchen mit Wicken und Saubohnen sah man die Wurzeln sich braun färben und auch im Wachstum still stehen. Aber nach 8—10 Tagen wuchsen sie weiter, nachdem sie die äufserste Spitze in Form einer braunen Kappe abgestofsen und unmittelbar dahinter eine neue Wurzelspitze gebildet hatten. Darauf entstanden normale Seitenwurzeln. An den chlorophyllführenden Organen sind die Wachstumshemmungen geringer; es ist bei Keimpflanzen ein Stillstand in der Verlängerung, aber kein Absterben beobachtet worden; die Blätter wurden etwas kleiner als bei normalen Exemplaren. Heliotropische

---

[1]) Ewart, A. J., The effects of tropical insolation; cit. Just's Jahresber. 1899, I, S. 87.

[2]) Pantanelli, Enrico, Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung belichteter Pflanzen von äufseren Faktoren. Jahrb. f. wiss. Bot. 1903, Bd. XXXIV, S. 167.

[3]) Weiss, Fr., Sur le rapport entre l'intensité lumineuse et l'énergie assimilatrice chez les plantes appartenant à des types biologiques différents. Compt. rend. Paris CXXXVII, 1903, p. 801.

[4]) Kny, L., Über den Einflufs des Lichtes auf das Wachstum der Bodenwurzeln. Jahrb. f. wiss. Bot. 1902, Bd. 38, S. 421.

[5]) Seckt, Hans, Die Wirkung der Röntgen- und Radiumstrahlen auf die Pflanze. Sammelreferat. Naturwiss. Wochenschrift 1906, Nr. 24.

Krümmungen konnte DIXON[1]) bei jungen Kressenkeimlingen in 1 cm Entfernung von einer Glasröhre mit 5 g Radiumbromid nicht wahrnehmen.

Bei greller Sonnenbeleuchtung sehen wir die Pflanzenteile manchmal nicht blofs vergilben, sondern auch sich bräunen und absterben[2]). Dafs dieses Absterben eine spezifische Lichtwirkung und nicht eine Folge zu grofser Temperaturerhöhung ist, geht daraus hervor, dafs Chlorophyll unverändert[3]) bei Temperaturen von — 30 bis + 100° bleibt und andrerseits, dafs die Zerstörung stattfindet bei Strahlen kürzerer Wellenlänge, welche auch auf die Wachstumsvorgänge und Protoplasmabewegungen am meisten influieren.

Die durch Kupferoxydammoniak gegangenen Strahlen eines konzentrierten Sonnenbildes töten manchmal schon nach wenigen Minuten, während dasselbe Lichtquantum nach dem Durchgange durch eine (nur das äufserste Rot durchlassende) Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff kaum oder erst sehr spät eine Störung hervorbringt[4]). In diesem roten Lichte aber tritt gerade eine intensive Erwärmung hervor, in dem blauen nicht.

Zu den auf Lichtüberschufs beruhenden Erscheinungen gehört auch die Entstehung der Schattenbilder, d. h. von intensiv grünen Zeichnungen beschattender Organe auf einer grell beleuchteten Blattfläche. Es braucht hierbei keine Zerstörung des Chlorophyllapparates stattzufinden, sondern es vollzieht sich nur eine Veränderung der Lage der Chloroplasten.

Die Beobachtungen von BÖHM, FAMINTZIN, BORODIN, STAHL und FRANK beweisen, dafs bei einer für das spezielle Bedürfnis einer Pflanze zu hohen Sonnenbeleuchtung eine Wanderung der Chlorophyllkörner von der der Oberfläche des Blattes parallelen Zellwand nach den rechtwinklig dazu stehenden Wänden sich einstellt. Die Chloroplasten gehen von der Epistrophe in die Apostrophe über und bewirken dadurch die lichtere Färbung des zu stark besonnten Teiles.

Eine weitere, leicht zu machende Beobachtung ist das Auftreten einer Rotfärbung bei zu starker Belichtung, wenn man grüne Blätter von Pflanzen mit roter Herbstfärbung, z. B. Süfskirschen mit der Unterseite nach oben kehrt. Ebenso sieht man bei vielen Pflanzen, namentlich solchen mit fleischigen Blättern, eine ausgeprägte Braunrotfärbung auftreten, wenn sie im Frühjahr aus den beschatteten Glashäusern an einen freien, sonnigen Standort gebracht werden. MOLISCH[5]) hat solche Fälle untersucht. Bei *Aloe* und *Selaginella* wies er nach, dafs nicht etwa Anthocyan in den Zellen ausgebildet wird, sondern dafs die Chloroplasten selbst sich rot färben und bei Verdunkelung wieder grün werden. Bei Selaginellaarten wurden ebenfalls durch Carotin gefärbte, rote oder rotbraune Chromoplasten beobachtet, namentlich oberhalb einer Knickstelle.

Der wirtschaftlich wichtigste, für die Hygiene bedeutsamste Vor-

---

[1]) DIXON, HENRY, Radium and plants. Nature, London LXIX; cit. Just's Bot. Jahresber. 1903, II, S. 567.

[2]) BÖHM, Versuchsstationen 1877, S. 463.

[3]) WIESNER, Die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls. Festschrift; cit. Bot. Jahresber. 1876, S. 728.

[4]) PRINGSHEIM, Jahrb. f. wiss Bot. 1879, Bd. 12, S. 336,

[5]) MOLISCH, H., Über vorübergehende Rotfärbung der Chlorophyllkörner in Laubblättern. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1902, Bd. XX, S. 442.

gang aber besteht in der zerstörenden Wirkung des Sonnenlichtes auf pathogene Pilze und namentlich auf Bakterien. PFEFFER[1]) sagt: „es scheint, dafs sämtliche pathogenen Bakterien durch eine genügende Insolation getötet werden."

Dafs ähnlich dem Sonnenlichte auch das künstliche Licht wirkt, zeigen beispielsweise die Versuche von DIXON und WIGHAM[2]) mit Radiumstrahlen. Die mit *Bacillus pyocyaneus*, *B. typhosus*, *B. prodigiosus*, und *B. anthracis* angestellten Kulturen liefsen erkennen, dafs die β-Strahlen des Radiumbromides eine deutliche Wachstumshemmung hervorriefen. Nachdem 5 mg Radiumbromid 4 Tage hindurch in der Entfernung von $4^1/_2$ mm auf die Bakterien eingewirkt hatten, war ihr Wachstum aufgehoben, wenn sie auch noch nicht getötet waren.

Dritter Abschnitt.

Enzymatische Krankheiten.

Fünfzehntes Kapitel.

Verschiebungen der enzymatischen Funktionen.

Allgemeines.

Die jetzigen Forschungen drängen zu der Anschauung, in der Mehrzahl der Stoffwechselvorgänge Enzymwirkungen zu erblicken. Diese Enzyme möchten wir ihrer Tätigkeit nach in zwei Gruppen gliedern, die sich als aufbauende und abbauende bezeichnen lassen. Im Werdegang des pflanzlichen Organismus bemerken wir bei der Keimung, also bei der Vorbereitung zur vegetativen Entfaltung, das Vorherrschen der abbauenden Tätigkeit, indem die Reservestoffe gelöst und in meist labile, wanderungsfähige Stoffgruppen übergeführt werden. Die Tätigkeit des vegetativen Apparates führt allmählich zum Niederschlage von Reservestoffen, und diese Tätigkeit sprechen wir als aufbauende an; diese läfst ihren Endpunkt in der Ausbildung des Samens erkennen.

Daraus ergibt sich ein Antagonismus im Auftreten der hauptsächlichsten Stoffgruppen, der sich in der Weise präzisieren läfst, dafs bei reichem Stärkeniederschlag der Zuckergehalt sowie die Menge des Gerbstoffes und der organischen Säuren zurückgehen. Sind dagegen Zucker, Gerbstoffe und Säuren sehr reichlich vorhanden, bleibt der Stärkeniederschlag gering. Wenn der Stärkereichtum ein hoher ist, wird auch die Bildung der Eiweifsstoffe in der Zelle aus Asparagin oder anderen Stickstoffverbindungen eine reichliche sein. Bei dem Vorherrschen von Zucker und Säuren bleiben auch die Stickstoffverbindungen in labiler Form, und ich möchte diesen Zustand eines Pflanzenteils als „Unreife" dem durch Reichtum an Reservematerial ausgezeichneten „Reifezustand" gegenüberstellen.

Die einzelnen Wachstumsfaktoren beeinflussen nun beständig den Pflanzenleib und lassen bald diese, bald jene Gruppe von Enzymen

[1]) Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., II. Teil, S. 319.
[2]) DIXON, HENRY, H., and WIGHAM, J., Action of Radium on Bacteria. Nature, London LXIX; cit. Just's Jahresber. 1903, II, S. 567.

zur Vorherrschaft kommen. Es ist dabei nicht nötig, daſs Enzyme zerstört werden; sie können auch in ihrer Wirkung nur vorübergehend gehemmt werden. Ein Beispiel liefert POZZI-ESCOT[1]) bei Gelegenheit der Besprechung des Philothion. „Reduktasen", meint er, die bei den Pflanzen mit LOEW's Katalase identisch, sind ebenso wie die Oxydasen überall verbreitet und wirken antagonistisch. DE REY-PAILHADE hat gezeigt, daſs Reduktasen schnell durch eine Oxydase bei Gegenwart von freiem Sauerstoff zerstört werden, und umgekehrt weist nun POZZI-ESCOT nach, daſs unter bestimmten Umständen bei groſsem Überschuſs an Reduktase eine Oxydase in ihrer Wirkung „paralisiert" werden kann. So kann in vorübergehenden Schwankungen des Zellinhalts eine Reduktase die Oxydase augenblicklich unwirksam machen und umgekehrt. Die wichtigste Rolle der Reduktasen erblickt POZZI-ESCOT in ihrer Wirksamkeit auf H_2O_2 sowohl in den Prozessen der Respiration als auch bei der Photosynthese.

In anderen Fällen treten Antifermente auf, wie beispielsweise CZAPEK[2]) gefunden hat. Er sah eine Hemmung in der Weiteroxydation der aus dem Tyrosin stammenden Homogentisinsäure in geotropisch oder heliotropisch gereizten Organen durch Auftreten eines Antifermentes.

Im allgemeinen erkennen wir aus den Ergebnissen der Kultur und einzelnen experimentellen Forschungen, daſs Licht und Wärme die aufbauende Tätigkeit, also den Niederschlag fester Reservestoffgruppen begünstigen, während Dunkelheit und Kälte die kolloidalen Zustände im Zellenleibe erhalten oder vermehren.

Bei normalem Witterungsverlauf liegen tatsächlich die Perioden des vorherrschend kolloidalen Zustandes des Zellinhalts, der die abbauende Tätigkeit charakterisiert, in der kälteren Jahreszeit; wir finden die Keimungsvorgänge namentlich im Herbst und Frühjahr, dagegen die aufbauende Wirksamkeit, also den Niederschlag der Reservestoffe, im Sommer.

Die notwendige, regelmäſsige Folge dieser Perioden hängt aber nicht nur von der Witterung ab, sondern auch von allen Ernährungsfaktoren, wie z. B. der Wasserzufuhr, der Menge und Beschaffenheit des Nährstoffmaterials und auſserdem von den verschiedenartigen Kultureingriffen, wie z. B. dem künstlichen Beschneiden. Betreffs des letzteren Punktes bietet eine Anzahl von Krankheiten uns Beispiele, wie durch die plötzliche Entfernung einer gröſseren Menge von Gliedern des Pflanzenleibes (Äste und Blätter) der Organismus zu einer Zeit, in der die Periode der Stoffspeicherung bereits vorherrschend ist, nunmehr gezwungen wird, das gespeicherte Material wieder zu mobilisieren und durch Bildung von Ersatztrieben in die vegetative Periode zurückzutreten. Bezüglich der Nährstoffzufuhr sehen wir beispielsweise, daſs übermäſsige Stickstoffgaben die Periode der Reservestoffspeicherung hinausschieben, indem die Neubildung vegetativer Organe über die normale Zeit hinaus fortgesetzt wird.

Dadurch wird die enzymatische Arbeitsleistung verschoben; es herrschen nun die mobilisierenden Enzyme vor, und die Pflanze tritt

---

[1]) POZZI-ESCOT, E., The Reducing Enzymes. American. Chem. Journ. Vol. XXIX, 1903, p. 517; cit. Bot. Centralbl. 1904, Nr. 49.

[2]) CZAPEK, F., Antifermente im Pflanzenorganismus. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1903, Bd. XXI, S. 229.

mit jugendlichen Organen in eine Witterungsperiode, die im normalen Verlauf ausgewachsene, reservestoffreiche Teile erfordert. Sie wird dadurch für parasitäre und nichtparasitäre Angriffe empfänglich.

Es ist aber nicht nur die augenblickliche Verschiebung der enzymatischen Funktionen, die nachteilig auf den Organismus wirken kann, sondern es müssen sich notwendigerweise daran auch eine Reihe von Folgeerscheinungen knüpfen, die in der nächsten Generation sich erst zeigen werden. Wenn wir beispielsweise die Verlängerung der vegetativen Periode im Auge behalten, wie sie durch Stickstoffüberschufs erfahrungsgemäfs eingeleitet wird, so ist die unmittelbare Folge die, dafs die Samenproduktion, die normal in die Periode der höchsten Wärme- und Lichtzufuhr fallen sollte, in eine kühlere, lichtärmere Zeit hinausgerückt wird. Das entstehende Samenkorn hat also nicht mehr die genügende Zeit und entsprechende Witterung, um alle Prozesse des Aufbaues der Reservestoffe zu durchlaufen. Das Samenkorn wird in einem Zustande geerntet, in welchem die mobilisierenden Enzyme noch in gröfserer Tätigkeit sind, und es wird dadurch für Parasiten angriffsfähig, die ein vollkommen reifes Korn nicht anzugreifen vermögen. Es ist experimentell erwiesen, dafs unreifes Saatgut schneller durch Schimmelpilze zugrunde geht.

Aber selbst wenn das weniger ausgereifte Saatgut nicht zugrunde geht, sondern in der nächsten Vegetationsperiode sich entwickelt, wird die entstehende Pflanze durch den gröfseren Wassergehalt und die geringere Menge von Reservestoffen des Samens zunächst in der Jugend beeinflufst werden müssen, und in dieser Beziehung ist die nächste Generation das Produkt der vorhergehenden und wird somit Schwächezustände durch Erblichkeit fortpflanzen.

Was von den Samen gilt, mufs auch für alle anderen ausdauernden Organe seine Gültigkeit haben: die Knospe und die Ausbildung des Zweiges sind ebensogut das Produkt der vorhergegangenen Vegetationsperiode, und die Art ihrer Weiterentwicklung hängt zunächst von dem Reifezustande ab, den sie im Vorjahre erlangt haben.

Verschiebungen in den enzymatischen Funktionen setzen sich also von einer Vegetationsperiode auf die andere fort, und die nachfolgend beschriebenen Krankheiten sind Beispiele für die Erblichkeit physiologischer Störungen.

Die Albicatio (Panachierung).

Die von den Gärtnern gesuchte und durch Veredelung fortpflanzbare (teilweise sogar auf die Unterlage übertragbare) Erscheinung zeigt sich darin, dafs einzelne Stellen, die bald kreisförmig im Diachym, bald als keilförmige Streifen zwischen den Rippen, bald als zusammenhängende Zone längs des Blattrandes auftreten, weifsgefärbt erscheinen. Der Grad der weifsen Farbe ist verschieden. Vom reinsten Weifs bis zum Quittengelb zeigen sich die mannigfachsten Übergänge, welche bei manchen Pflanzen noch weitere Farbennüancen durch Auftreten roter Farbentöne liefern; dadurch wird dann die eigentliche Buntblätterigkeit (coloratio, Chromatismus) erzeugt.

Ein sehr bekanntes Beispiel für die Weifsfleckigkeit ist das Bandgras unserer Gärten (*Phalaris arundinacea* L., *Ph. picta* L.), bei dem die weifsen Partien abwechselnd als Streifen zwischen den Rippen auftreten. Noch auffallender ist eine Spielart des eschenblätterigen Ahorns (*Acer Negundo* L.), welche bisweilen eine ganz weifse Belaubung

zeigt. Als Beispiel für das Auftreten der Buntfärbung sowie der Weifsfärbung sei die Familie der Aroideen genannt; unter diesen zeigt der häufig im Zimmer kultivierte Aronskelch (*Zantedeschia [Calla] aethiopica*) Blätter, die oft so blendend weifs sind wie die dütenförmige Blütenscheide; an die Zantedeschia schliefsen sich die bunten Caladien, die Lieblinge unserer Warmhäuser an, von denen einige nur weifsgefleckt, andere weifs und rot und endlich manche nur rotgefleckt sind.

Schwerlich zu trennen ist davon die Weifsfleckigkeit der Blüten und die seltenere Panachierung der Früchte, von denen Dufour[1]) interessante Fälle bei Weintrauben beschreibt.

Es herrschen teilweise noch namentlich in praktischen Kreisen ernste Bedenken gegen die Anschauung, in den weifsbunten Blättern Krankheitserscheinungen anzusprechen; indes glauben wir doch, diese Meinung verteidigen zu müssen. Wenn wir eine gröfsere Anzahl von buntblätterigen Pflanzen untersuchen, so finden wir in den Zellen alle Abstufungen vom normalen Chlorophyllkorn bis zum gänzlichen Verschwinden der geballten Träger des Chlorophyllfarbstoffes. Die gelberscheinenden Pflanzenteile zeigen häufig noch die Chlorophyllkörper als gelbe, schwammig aussehende Ballen oder Scheiben in den Zellen; je reiner weifs die Pflanzenteile erscheinen, desto weniger ist selbst von ungefärbten Chlorophyllkörnern noch zu entdecken und desto mehr nimmt das Plasma die Beschaffenheit einer weichen, gleichmäfsigen Wandauskleidung an. Die Intercellularräume sind luftreicher und bisweilen gröfser.

Mit dem Schwinden des Chlorophyllkörpers hört auch die Kohlensäurezersetzung des Blattes auf. Cloëz[2]) und später auch Engelmann[3]) fanden, dafs die Blätter nur im Verhältnis ihres Chlorophyllgehaltes Kohlensäure zersetzen. Die verschiedenen Abstufungen der gelben Panachierung beruhen auf geringeren Quantitäten derselben Chlorophylline und Xanthophylle, wie sie im normalen grünen Blatte vorkommen[4]), und dementsprechend wird auch ihre assimilatorische Tätigkeit sein.

Bei den reinweifsen Blättern kommt es vor, dafs der Zellinhalt überhaupt nicht bis zur Bildung des Chlorophylls gekommen ist, sondern dafs das Material des Chlorophyllkorns im jugendlichen Entwicklungsstadium stehen geblieben ist. Bei den gelben Formen findet man Chloroplasten zwar mindestens noch in der Knospe, vielfach auch später, aber in dem Mafse, wie sie der reinweifsen Zone sich nähern, schwinden die geformten Inhaltskörper der Zelle. Die von Church[5]) ausgeführten Analysen können als eine gute Bestätigung dienen. Zur Verwendung kamen weifsfleckige Varietäten von *Maple* (*Acer Negundo*), *Ivy* (*Hedera Helix*) und *Holly* (*Ilex aquifolium*): sie

	Acer		*Ilex*		*Hedera*	
	weifsbl.	grünblätterig	weifsbl.	grünbl.	weifsbl.	grünbl.
besafsen an Wasser	82,83 %	72,70 %	74,14 %	62,83 %	78,88 %	66,13 %
organische Substanz	15,15 „	24,22 „	23,66 „	35,41 „	18,74 „	31,63 „
Asche	2,02 „	3,08 „	2,20 „	2,47 „	2,38 „	2,24 „

[1]) Dufour, J., Panachierte Trauben. Extr. Chronique agric. du canton de Vaud; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1904, S. 286.

[2]) Compt. rend. LVII, p. 834.

[3]) Engelmann, Farbe und Assimilation, Bot. Zeit. 1883, Nr. 1 u. 2.

[4]) Kränzlin, G., Anatomische und farbstoffanalytische Untersuchungen an panachierten Pflanzen. Inaug.-Diss. Berlin 1908.

[5]) Church, Variegated leaves. Gardeners Chronicle 1877, II, S. 586.

Die grünen Blätter zeigen also, gegenüber den weifsfleckigen, beträchtlich gröfsere Trockensubstanzmengen, und die Aschenbestandteile bilden bei letzteren (wie überall wo Ernährungsstörungen sich geltend machen), einen gröfseren Prozentsatz der Trockensubstanz. Der Stickstoffgehalt bei Efeu und Stechpalme war bei den weifsen Blättern reicher im Verhältnis zur Trockensubstanz. Auch dieses Resultat ist erklärlich; denn wenn der Chlorophyllapparat, dessen Notwendigkeit zur Erzeugung des Stärkekorns und anderer Kohlenhydrate aufser Zweifel ist, nur spärlich vorhanden ist, so wird die Trockensubstanzmenge herabgedrückt und die absolut geringere Menge stickstoffhaltiger Substanz relativ erhöht erscheinen. Dafs die in Alkohol und Äther löslichen Substanzen bei den weifsen Blättern von Efeu und Stechpalme nur ungefähr die Hälfte der Menge betrugen, als bei den grünen Blättern, darf ebenfalls nicht wundernehmen.

Sehr wichtig ist die prozentische Zusammensetzung der Asche; es fand sich bei

	Acer		*Ilex*		*Hedera*	
	weifs	grün	weifs	grün	weifs	grün
an Kali	45,05 %	12,61 %	35,30 %	16,22 %	47,20 %	17,91 %
Kalk	10,89 „	39,93 „	21,50 „	34,43 „	12,92 „	48,55 „
Magnesia. . .	3,95 „	4,75 „	3,23 „	2,43 „	1,11 „	1,04 „
Phosphorsäure	14,57 „	8,80 „	9,51 „	7,29 „	10,68 „	3,87 „
Eisenoxyd . .	?	?	3,11 „	3,11 „	2,62 „	2,31 „

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, dafs die rein albikaten Organe sich dem Jugendzustand der grünen Blätter nähern, also gleichsam auf jugendlichem Entwicklungsstadium stehen geblieben sind. Griffon[1]) kommt zu dem Schlusse, dafs panachierte Pflanzen sich im allgemeinen wie etiolierte verhalten, die wir auch mit dem permanenten Jugendzustande verglichen haben. In den gelben Übergangsstadien ist der Befund sehr verschiedenartig. Bei *Abutilon Thompsoni* fand ich in manchen Bättern den Zellinhalt noch derartig gruppiert wie im rein grünen Teile, d. h. mit Chloroplasten versehen, die in ihren Umrissen rundlich-eckig, in ihrer Lagerung normal wandständig sich erwiesen, aber blafsgelb oder farblos waren und stark gekörnelten Inhalt führten. In anderen Zellen war die Substanz der Chloroplasten zu unregelmäfsigen, körnigen Ballen vereinigt, die mit Jodglycerin und teilweise auch mit Schwefelsäure sich blau färbten und als Carotin anzusprechen sein dürften. Auch Kohl[2]) gibt bei der Untersuchung goldgelber Blätter neben β-Xanthophyll und Phyllofuscin das Carotin (Etiolin) an.

Der Unterschied im Dickendurchmesser des Blattes, d. h. die auffällig geringere Dicke der reinweifsen Teile gegenüber den reingrünen Blattstellen, nimmt um so mehr ab, je mehr sich der Farbenton vom reinen Weifs entfernt, die Blattstellen also gelber werden. Diesen Umstand hebt auch Timpe[3]) hervor und betont, dafs bei Pflanzen mit Schleimzellen (*Ulmus*, *Crataegus*) die albikaten Teile ärmer an solchen Zellen sind. Dagegen erwies sich der Gerbstoffgehalt in den weifsen Teilen meist gröfser. Stärke ist selten, soll aber nach Timpe auf Zuckerlösung von den albikaten Stellen oftmals reichlicher als von den grünen

---

[1]) Griffon, Ed., L'assimilation chlorophyllienne et la coloration des plantes. Annal. sc. nat. VIII, 1899; cit. Bot. Jahresber. 1899, I, S. 151.

[2]) Kohl, F. G., Untersuchungen über das Carotin und seine physiologische Bedeutung in der Pflanze. Leipzig, Bornträger, 1902, IX.

[3]) Timpe, H., Beiträge zur Kenntnis der Panachierung. Dissertat., Göttingen 1900.

gebildet werden. Monocotyledonen speichern auf Zuckerlösung keine Stärke.

Von anderen Autoren wird angegeben, dafs die reinweifsen Stellen keine Stärke führen, da sie nicht assimilieren. Die Widersprüche erklären sich durch die Übergangsstufen zur goldgelben Färbung, welche zwar kein Chlorophyll, wohl aber ein Xanthophyll und Carotin enthalten und im Lichte (wie etiolierte Blätter) Sauerstoff ausscheiden (Kohl, l. c.).

Interessant ist die Tatsache, dafs bei manchen Pflanzen die reine Albicatio durch Veredelung auf die Unterlage überzugehen vermag. Versuche dieser Art mit positivem Erfolge meldet bereits Meyen[1]) aus dem Jahre 1700 bzw. 1710 von *Jasminum officinale*. „Wenn ein Zweig des Jasmins mit gesprenkelten Blättern auf ein gesundes Stämmchen desselben Jasmins gepfropft wird, so bekommen auch die übrigen, oberhalb und unterhalb des Pfropfreises sitzenden Zweige gleichfalls gesprenkelte Blätter." Später haben besonders Lindemuth[2]) und neuerdings auch Baur[3]) sich mit der Frage beschäftigt. Letzterer hat die Theorie aufgestellt, dafs die gelbbunten Formen als Spielarten oder Mutationen, die zum Teil samenbeständig sind, zu betrachten wären, die reinweifsen aber als durch Infektion erkrankte Exemplare davon abzutrennen seien. Allerdings sei der Infektionskörper kein Lebewesen, sondern ein unbekanntes stoffliches Etwas, ein Virus, das innerhalb der kranken Pflanze an Menge zunehmen kann. Dieses Virus kann ein Stoffwechselprodukt der kranken Pflanze sein, das imstande ist, die jungen Chlorophyllkörner so zu affizieren, dafs sie sich nicht zu normalen Organen entwickeln, sondern zu Mifsbildungen, in denen dann dasselbe Virus immer neu gebildet wird. Oder aber es kann ein Stoffwechselprodukt der kranken Pflanze sein, das in gewissem Sinne die Fähigkeit des Wachsens hat, d. h. Stoffe, die mit ihm identisch sind, aus anderen Verbindungen abspalten oder Stoffe dieser Art synthetisch neu aufbauen kann[4]).

Dieser Gedankengang ist bereits früher von Pantanelli[5]) in präziserer Form zum Ausdruck gebracht und später ergänzt worden. Genannter Autor sagt[6]): „Der Albinismus ist keine Infektionskrankheit, sondern eine konstitutionelle Krankheit, deren erste Zeichen als abnorme Anhäufung von abbauenden, vor allem von oxydierenden Enzymen auftreten." „Durch die Leptombündel verbreiten sich die zerstörungbringenden Stoffe, sei es durch energetische Beeinflussung benachbarter und kommunizierender Protoplasten, sei es durch materiellen Transport durch Siebröhren und analoge Elemente über den ganzen Körper und gelangen in die sich streckenden Blattstiele, dann in die Hauptrippen

---

[1]) Meyen, F. J. F., Pflanzenpathologie. Berlin 1841, S. 288.

[2]) Lindemuth, Vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Landwirtschaftl. Jahrbücher 1878, Heft 6. — Gartenflora 1901, 1902, 1904.

[3]) Baur, Erwin, Zur Ätiologie der infektiösen Panachierung. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1904, Bd. XXII, S. 453. — Weitere Mitteilungen über die infektiöse Chlorose der Malvaceen und über einige analoge Erscheinungen bei *Ligustrum* und *Laburnum*. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1906, Heft 8, S. 416.

[4]) Baur, E., Über die infektiöse Chlorose der Malvaceen. Sitzungsber. d. Kgl. Preufs. Akad. d. Wiss. 11. Januar 1906.

[5]) Pantanelli, E., Studii su l'albinismo nel regno vegetale. Malpighia. Bd. XV—XIX (1902—05).

[6]) Pantanelli, E., Über Albinismus im Pflanzenreich. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 1905, S, 1.

der Blätter. Hier beeinflussen sie alle Parenchymzellen, womit sie in Verbindung treten, offenbar mehr energetisch oder durch schlechte Nahrungsversorgung und -ableitung." Die Übertragung der Erscheinungen von dem Edelreis auf die Unterlage kommt also dann zustande, wenn bei der Veredelung die Leptomverbindung zwischen beiden Componenten sich hergestellt hat.

Diese Anschauung beruht auf experimentellen Studien. Es ist durch die chemische Untersuchung nachgewiesen, daſs das „Protoplasma und seine Plastiden durch abnorme Bildung von starken abbauenden Enzymen allmählich angegriffen und verdaut werden". In den intensiveren Fällen von Albinismus ist überhaupt keine Anhäufung von mineralischen oder organischen Salzen oder Zuckerarten nachzuweisen.

Über das Verhalten der Stickstoffverbindungen gibt eine Bestimmung von Pantanelli bei Ulmusblättern Aufschluſs. Er zerrieb grüne und panachierte Blätter mit den nötigen Vorsichtsmaſsregeln und lieſs den Brei in einem Kolben acht Tage stehen. Der ursprüngliche Wassergehalt bei den grünen Blättern betrug durchschnittlich 60,67 %, bei den panachierten Blättern desselben Baumes zu derselben Zeit 73,8 %.

Grüne Blätter enthielten (in Prozenten des Trockengewichtes):

	beim Ansetzen	nach acht Tagen
Gesamtstickstoff . . .	3,355 %	3,3250 %
Proteïnstickstoff . . .	3,324 „	0,9212 „
Nichteiweiſsstickstoff .	0,031 „	2,4050 „

Panachierte Blätter enthielten (in Prozenten des Trockengewichtes):

	beim Ansetzen	nach acht Tagen
Gesamtstickstoff . . .	2,681 %	2,576 %
Proteïnstickstoff . . .	2,274 „	0,604 „
Nichteiweiſsstickstoff .	0,407 „	1,972 „

Die Autolyse im Saft von panachierten Blättern ist also verhältnismäſsig tiefergehend als in grünen. Der Stickstoffgehalt ist in albikaten Organen bedeutend geringer, aber der prozentische Gehalt an nichteiweiſsartigen Stickstoffverbindungen gröſser. Dabei kann die reichlich vorhandene Phosphorsäure doch in einer Form gebunden sein, daſs sich Lecithin nicht bilden und der Chloroplast sich nicht aufbauen kann. Auch ein stärkespaltendes Enzym scheint nach Pantanelli's Untersuchungen in den panachierten Blättern reichlicher als in den grünen vorhanden zu sein, wenigstens in der Jugend.

Ich habe bereits in der zweiten Auflage dieses Handbuches (S. 195) auf die Stoffarmut der albikaten Teile hingewiesen und folgende Ansicht ausgesprochen: Bei der normal ernährten Blattzelle ist soviel Plasma vorhanden, daſs nicht nur das Material zum Ausbau der Zellwand geliefert werden kann, sondern auch noch reichlich die Chlorophyllkörner erzeugt werden können. Wird die Zufuhr zur jungen Zelle zu früh abgeschnitten, indem das das Protoplasma vermehrende Material zu spärlich zuflieſst und die Zellwand zu früh alt wird, so hat die Zelle nur den ersten Teil ihrer Arbeit, die Ausbildung der Wand, tun können, und sie hat nichts erübrigt, um die Apparate für den Reduktionsprozeſs und die Vermehrung der Trockensubstanz herzustellen oder zu erhalten. Derselbe Mangelzustand muſs bei der normal ausgebildeten Zelle eintreten, wenn sie in Wachstumsverhältnisse gerät, die eine Anhäufung

abbauender, namentlich amylolytischer Enzyme bedingen, wodurch sie den Jugendstadien wieder näher gerückt wird. Bringt man die Pflanzen in Verhältnisse, welche die normale vegetative Tätigkeit begünstigen (Schatten, Feuchtigkeit und Wärme), so werden die albikaten Achsenteile geneigt, grüne Blätter zu produzieren. Diese Beobachtung wird durch eine Erfahrung von LINDEMUTH gestützt, der eine wesentliche Begünstigung der Weifsfleckigkeit durch intensive Lichtwirkung konstatierte. ERNST[1]) in Caracas erwähnt, dafs das in dortiger Gegend gewöhnliche *Solanum aligerum* Schlecht. sich nicht selten buntblätterig findet. Diese Erscheinung tritt jedoch nur auf magerem Boden auf. Stark buntblätterige Exemplare in besseren Boden verpflanzt, wurden grün. Bei *Urtica dioica* konnte BEIJERINCK[2]) schon in einem Jahre aus der bunten Form wieder die grüne durch Stecklinge zurückerlangen.

Die Gewebe aber mit geringer konzentriertem Zellsaft sind weniger widerstandsfähig. Tatsächlich sind die weifsblätterigen Pflanzenteile empfindlicher gegen Hitze, Frost und Trockenheit und sterben früher ab. Die häufigsten Beispiele finden wir bei dem weifsblätterigen *Acer Negundo*, bei dem auch die Rinde der Zweige albikat wird. Sonnenbrand im Sommer und Winterfrost töten fast alljährlich die exponiertesten Zweige. Auch bei Koniferen kommen derartige Fälle vor[3]). Ebenso gehen Sämlinge mit weifsen Cotyledonen und Plumularblättern sehr leicht zugrunde: ich habe bei gröfseren Aussaaten von Obstsorten verschiedener Art nicht selten rein weifse oder weifse mit rötlichem Anfluge versehene Sämlinge gefunden: dieselben wurden stets mit besonderer Aufmerksamkeit behandelt, gingen aber nach einiger Zeit zugrunde, falls sie nicht anfingen, grüne Blattteile zu produzieren. Dergleichen Beobachtungen liegen auch von anderer Seite vor, wie z. B. bei *Phormium tenax* (DE SMET), *Passiflora quadrangularis*, sowie bei *Dahlia variabilis*, *Dianthus Caryophyllus* und Liliaceen (LINDEMUTH). Bei dem Mangel an Reservestoffen in den albikaten Zweigen ist auch die weitere Beobachtung erklärlich, dafs deren Stecklinge schwerer wachsen als die von den grünen Teilen desselben Individuums; man denke beispielsweise an Hortensien mit reinweifsen Blättern, an Pelargonien aus der Gruppe der „Mifs Pollack".

LINDEMUTH beobachtete auch bei *Abutilon*, dafs albikate Blätter meist kleiner und von kürzerer Lebensdauer sind. Wir erinnern in dieser Beziehung an die auch bei unseren wilden Pflanzen nicht selten vorkommende Erscheinung, dafs da, wo die eine Blatthälfte weifs, die andere grün ist, die erstere kürzer bleibt und die letztere deshalb in gröfserem Bogen um die weifse Hälfte sichelförmig sich herumkrümmt (*Cichorium*, *Beta*). Bei marmorierten Blättern erscheinen die weifsen Felder eines Blattes oft gespannt, die grünen runzelig bis blasig; auch die Achsen zeigen bisweilen im albikaten Teile eine Verkürzung, wie die bunte *Kerria japonica* beweist, deren grüne Triebe desselben Stockes und Alters bisweilen um einen Meter höher sind als die weifsbunten; ebenso verhalten sich *Sambucus*, *Weigelia* u. a.

Die Albicatio ist meiner Auffassung nach eine Hemmungsbildung,

---

[1]) Botanische Miscellaneen. Bot. Zeit. 1876, S. 37.

[2]) BEIJERINCK, M. W., Chlorella variegator, ein bunter Mikrobe; cit. Bot. Centralbl. G. Fischer, 1907, S. 333.

[3]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1896, S. 361.

die bei wilden Pflanzen seltener, bei der Kultur in zunehmender Menge auftritt und sich darin äufsert, dafs einzelne Gewebepartien schlechter ernährt werden. Diese geringere Ernährung hat zur Folge, dafs entweder der Chlorophyllapparat gar nicht zur Ausbildung kommt oder bald den abbauenden Enzymen zum Opfer fällt. Damit ist der Mangel oder höchst spärliche Niederschlag von Reservestoffen verbunden und die gröfsere Hinfälligkeit der Gewebe erklärt.

Von den Ursachen, welche die Albicatio hervorrufen, kämen zunächst Druckverhältnisse in der Knospe in Betracht, welche die Ausbildung des leitenden Strangsystems hemmen und damit die genügende Füllung der Zellen mit plastischem Material bereits in der Anlage verhindern. Dies würde die Erscheinung erklären, dafs plötzlich aus einer Knospe der bisher grünen Pflanze ein albikater Zweig gebildet wird. Betreffs der Kultureinflüsse lehrt die Erfahrung, dafs relativer Lichtüberschufs unbedingt begünstigend wirkt. Denn wir sehen, dafs vielfach die reine Weifsblätterigkeit bei direkter starker Beleuchtung am intensivsten auftritt und am längsten sich erhält, dagegen aber zurückgeht, wenn Schatten und genügende Wasser- und Stickstoffzufuhr dem Blatte Zeit zu langsamerer Entwicklung und längerer Betätigung seiner vegetativen Funktionen belassen, also das vorschnelle Ausleben verhindern.

Eine experimentell wiederholt geprüfte Erscheinung führt TIMPE[1]) in seiner neuesten Arbeit an. Er hat die von MOLISCH[2]) zuerst beschriebenen Versuche mit der weifsgrün panachierten Varietät von *Brassica oleracea acephala* wieder aufgenommen und dasselbe Resultat gefunden, nämlich dafs die leuchtend weifse Färbung der Blattflächen, die im Winter im Kalthause bis Februar ihre höchste Ausbildung erhält, alsbald nachläfst und schliefslich verschwindet, wenn die Pflanzen in ein Warmhaus gebracht werden. MOLISCH schaffte weifsbunte Pflanzen aus einem Kalthause mit + 4—7° C in ein Warmhaus von + 12 – 15° C. Dort ergrünten die schon vorhandenen Blätter nach 8—14 Tagen; die neu gebildeten erschienen sogleich grün. Abermals ins Kalthaus gebracht, bildeten die Exemplare wieder weifsbunte Blätter. Hierher gehört auch die Mitteilung von WEIDLICH[3]), dafs *Selaginella Watsoniana* nur bei + 10° C kultiviert werden darf, wenn sie weifse Spitzen bilden soll. In diesen Fällen ist also die den Verlust der Albicatio hervorrufende Steigerung der vegetativen Funktionen durch die Erhöhung der Wärme bedingt, während die albikaten Blätter je nach der Natur der Pflanzen und ihrem lokalen Ernährungszustande in anderen Fällen durch Licht- und Wärmeabnahme, durch die die Vegetationszeit verlängernde Steigerung der Stickstoff- oder Kalizufuhr wieder auf das Optimum ihrer Funktionen und zur normalen Chlorophyllbildung zurückgeführt werden können.

Mangelhafte Stoffzufuhr, häufig zum Ausdruck kommend durch Steigerung von Gerbstoffen und Abwesenheit von Stärke, Kleinwerden der Zellen und Vergröfserung der Intercellularen, betont auch TIMPE bei seinen sorgfältig ausgeführten Versuchen. Eine Erscheinung, die ihm selbst befremdlich vorkommt, aber gerade der beste Beweis für unsere Anschauung ist, beschreibt er bei *Ulmus*, bei der sich der üppige

---

[1]) TIMPE, HEINRICH, Panachierung und Transplantation. Jahrbuch d. Hamburg. wiss. Anstalten XXIV, 1906, Beiheft 3.

[2]) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XIX, 1, S. 32.

[3]) Gartenflora 1904, S. 585.

Frühjahrstrieb weifsbunter Reiser nach dem Auspflanzen des Baumes völlig grünblätterig entwickelte, der Hochsommertrieb mit seinem Wassermangel und Licht- und Wärmeüberschufs aber wieder die richtige Panachierung zeigte (l. c. S. 68).

Wenn nun die Albicatio in einem vorschnellen Ausleben, also in einer Unterdrückung oder Hemmung der Arbeit des Chlorophyllapparates besteht, dann werden die abbauenden Enzyme, selbst wenn sie in ihrer absoluten Menge gar nicht gesteigert sind, doch ein Übergewicht in der Zelle erlangen, weil die die Reservestoffe niederschlagenden aus Mangel an Chlorophylltätigkeit zu wenig entwickelt werden. Das sonst übliche in der chlorophyllführenden Zelle sich einstellende Gleichgewicht ist gestört.

Wir brauchen also gar nicht die Annahme eines „Virus", einer giftig wirkenden Stoffgruppe, die sich in der Pflanze erzeugen und vermehren mufs, um die Albicatio und die mit ihr verwandten Krankheitserscheinungen (Mosaikkrankheit, Schrumpfkrankheit usw.) zu erklären. Es ist einfach eine Abwegigkeit der Funktionen, also eine andere Richtung in der molekularen Bewegung, auf welche wir doch alle Stoffwechselvorgänge zurückführen müssen. Wenn die abwegige Stoffbildung eine Bewegung ist, so wird sie sich so lange fortpflanzen, bis eine andere molekulare Bewegungsform ihr Stillstand gebietet. Der albikate Pflanzenteil ist also der Träger einer abnormen Stoffbewegung, und daher ist es nicht auffällig, wenn diese Bewegung sich fortpflanzt, sobald die Wege, also die Gefäfsbündel (nach Pantanelli die Leptomteile) zweier getrennter Individuen sich vereinigen, wie es bei der Veredelung der Fall ist.

Betrachten wir die Albicatio nicht als eine aus dem Rahmen der übrigen Erscheinungen der Buntblätterigkeit heraustretende, sondern nur als den extremsten Fall eines die Verminderung der Chlorophyllmenge repräsentierenden Vorgangs, so kann es auch nicht mehr auffällig erscheinen, dafs die gelbbunten, also minder irritierten Pflanzen es noch zur Produktion von Samen bringen, in denen dieselbe Bewegungsrichtung des Stoffwechsels fortdauert, d. h., dafs die Samen wiederum gelbbunte Pflanzen liefern können.

Die Mosaikkrankheit des Tabaks.

Die neueren Autoren, welche über die Albicatio geschrieben haben, erwähnen bereits die Verwandtschaft dieser Erscheinung mit der Mosaikkrankheit des Tabaks.

Dieser Name stammt von Adolf Mayer, der im Juli 1879, zu welcher Zeit die Krankheit in Holland bereits in besorgniserregender Weise aufgetreten war, kranke Pflanzen vom Verein für Landwirtschaft (Abteilung Wijk bij Duurstede) zur Untersuchung zugeschickt bekam und 1885 seine Untersuchungsergebnisse in einem holländischen Journal, im folgenden Jahre in den „Landwirtschaftlichen Versuchsstationen"[1]) veröffentlichte. Nach F. W. T. Hunger[2]) hat van Swieten im Jahre 1857 die Aufmerksamkeit auf die mosaikartige Buntblättrigkeit des Tabaks in den holländischen Kulturen zuerst gelenkt, erwähnt aber bei seinen späteren Studien der Tabakkultur in Cuba die Krankheit, die damals

[1]) Mayer, Adolf, Die Mosaikkrankheit des Tabaks. Landw. Versuchsstat. 1886, Bd. XXXII, S. 450, Taf. III.

[2]) Hunger, F. W., Untersuchungen und Betrachtungen über die Mosaikkrankheit der Tabakspflanzen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1905, S. 257.

„Rost“ genannt wurde, noch nicht. Jetzt dürfte die Erscheinung in allen tabakbauenden Ländern vorhanden sein und hat demgemäfs eine Menge Namen erhalten. So erwähnt Hunger, dafs sie in Holland nicht nur als „Rost“, sondern stellenweis als „Bunt“ oder „Fäule“ bezeichnet wird. In Deutschland gilt der Name „Mosaikkrankheit“; stellenweis geht sie als „Mauche“; in Frankreich heifst sie „La Mosaïque“ oder „Nielle“ oder „Rouille blanche“; in Ungarn bezeichnet man sie „Mozaikbetegsege“ und die Tataren in Südrufsland nennen sie „Bosuch“. In Italien wird sie beschrieben unter den Namen „Mal de Mosaico“ oder „Mal della bolla“. In Amerika heifst sie in den nördlichen Staaten „Calico“ oder „Frenching disease“, in den Südstaaten dagegen „Brindle“ oder „Mongrel disease“. Schwer leiden auch die Kulturen in Java, Borneo und Sumatra. Die Javaner nennen die Krankheit „Poetih“, während sie in Deli unter dem chinesischen Namen „Peh-sem“ bekannt ist[1]).

Man darf die Mosaikkrankheit als die zurzeit gefährlichste Erkrankung der Tabakpflanze bezeichnen, und daraus erklärt sich, dafs sie in neuerer Zeit von mehreren Seiten eingehend studiert worden ist. Aber die Ergebnisse sind einander vielfach widersprechend. Während einzelne Forscher, mit grofser Zähigkeit der alten Theorie folgend, durchaus Mikroben finden wollen und gefunden zu haben glauben, verteidigen andre die Ansicht, dafs hier eine ansteckende Krankheit vorliegt, deren Ursache in unzweckmäfsiger enzymatischer Tätigkeit gesucht werden mufs.

Diese Verschiedenartigkeit der Anschauungen erklärt sich teilweise daraus, dafs man als Mosaikkrankheit verschiedene Erscheinungen zusammengefafst hat, die nicht zusammengehören, andererseits kann aber die Krankheit auch tatsächlich unter wechselnden Formen auftreten.

Betreffs der Schilderung der Krankheitssymptome folgen wir Delacroix[2]), der zwei Stadien unterscheidet: 1. Verfärbungen, 2. Gestaltänderungen der erkrankten Blätter. Bei dem ersten Symptomenkomplex zeigt der Blattrand scharf abgegrenzte verschiedenfarbige Flecke von einem fahlen Grün, das ins Weifsliche spielt, aber nicht in das Gelbgrüne wie bei der *Chlorose*. Die blafsgrünen Regionen sind vermischt mit Flecken von dunkelgrüner Farbe, und dieses Grün ist dunkler als das des normalen Blattes. Bei durchfallendem Lichte werden die Farbenunterschiede noch deutlicher und bei dem Befühlen des Blattes bemerkt man, dafs die dunkelgrünen Stellen etwas dicker als die bleichen sind. Vor Delacroix hatte schon Iwanowski[3]) hervorgehoben, dafs die Seitentriebe, die sich aus den Achseln erkrankter Blätter entwickeln, wiederum mosaikkrank werden. Dieser Umstand ist sehr wichtig und bezeichnend für die Krankheit, bei der stets die Verfärbungen im Jugendzustande der Blätter entstehen. Ausgewachsene Blätter erkranken in der Regel nicht mehr. Manchmal werden die dunkelgrünen Stellen etwas vorgewölbt, so dafs das Blatt eine krause Oberfläche annimmt, in anderen seltneren Fällen tritt Reduktion der Blattfläche ein, die sich derart steigern kann, dafs an der ganzen Pflanze statt mancher Blätter

---

[1]) Hunger a. a. O.

[2]) Delacroix, Georges, Recherches sur quelques maladies du Tabac en France. Paris 1906, p. 18. Extrait des Annales de l'Institut national agronomique. 2 ser. tome V.

[3]) Iwanowski, D., Über die Mosaikkrankheit der Tabakspflanze. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1903, S. 1 ff.

nur Blattmittelrippen vorhanden sind. Letzteres Merkmal ist von HEINTZEL[1]) und IWANOWSKI erwähnt worden, aber es ist nach HUNGER (a. a. O. S. 274) nicht typisch für die Krankheit, sondern von ihm auch in Deli bei gesunden Pflanzen auf freiem Felde beobachtet worden.

Wir sehen also bei der Mosaikkrankheit dieselben Merkmale wie bei der Albicatio: scharfe Grenzen der Flecke, gröfsere Dicke der grünen Stellen, und bisweilen Reduktion der Blattflächen, die im bunten Teile kleiner bleiben. Auch die künstliche Übertragbarkeit ist vorhanden und geht wahrscheinlich dieselben Wege, nämlich mittels der Leptombündel. Nur insofern ist ein Unterschied, als bei der Mosaikkrankheit eine noch bedeutend leichtere Übertragbarkeit vorhanden ist. Jede kleinste Saftmenge, die von einer kranken Pflanze auf die Wunde einer gesunden gelangt, genügt unter Umständen zur Ansteckung. Wir geben als Beispiel die Beschreibung eines Impfversuches, den KONING[2]) ausgeführt hat, indem er in eine vollkommen gesunde Pflanze am 5. Juli einen Einschnitt in den Stengel bis an die Gefäfsbündel machte und in den Einschnitt ein kleines Stück des gefleckten Blattes einer kranken Pflanze brachte. Am 20. Juli begann sich am Rande eines jungen Blattes zwischen den schwachen Nerven ein dunkles Fleckchen zu zeigen. Im Verlauf der folgenden Tage erschienen an den anderen jungen Blättern ebenfalls Fleckchen, während das Blatt selbst durch „Vergröfserung des Palisadengewebes ein unebenes, unregelmäfsiges Aussehen bekam." Der Blattrand erschien stellenweis eingeschnürt oder eingebuchtet. Später nun vertrockneten diese Flecke, nachdem sie eine rotbraune Färbung angenommen hatten. Bei den gröfseren Flecken nahm KONING eine konzentrische Zonung wahr, von der die äufsersten Zonen am dunkelsten waren. Nicht selten sah er ganze Blattstücke herausfallen. Letztere Merkmale werden von anderen Beobachtern nicht erwähnt, was unsere Ansicht stützt, dafs die Krankheit an verschiedenen Orten und bei verschiedenen Tabaksorten abweichende Bilder liefern kann.

Über die anatomische Beschaffenheit der kranken Blätter gibt KONING nur spärliche Notizen. Im allerjüngsten Zustande der Flecke, wo eine Differenzierung von Palisaden- und Schwammparenchym noch nicht eingetreten ist, zeigen sich dunkle Streifen zwischen den Zellen, die auffällig grofse lufterfüllte Intercellularräume darstellen; dieselben erhalten sich auch bei fortschreitender Gewebeausbildung. An der Epidermis ist zunächst keine Veränderung zu beobachten: später schrumpft sie, wird braun und vertrocknet, wenn das Chlorophyll in dem darunterliegenden Gewebe desorganisiert wird und die Zellen zusammentrocknen.

Im grofsen Betriebe erfolgt die Ansteckung der Pflanzen meist durch die Arbeiter, die bei dem Ausgeizen der Pflanzen und anderen Verrichtungen Wundstellen erzeugen. Die Berührung solcher Stelle mit Fingern, an denen der Saft kranker Pflanzen haftet, genügt, um die Mehrzahl der gesunden Pflanzen zu infizieren. Der Vorgang ist experimentell mehrfach geprüft worden; bei einem speziell zu diesem Zwecke im grofsen angestellten Versuche in Holland konnte KONING 80 % Erkrankungen feststellen.

---

[1]) HEINTZEL, KURT, Kontagiöse Pflanzenkrankheiten ohne Mikroben mit besonderer Berücksichtigung der Mosaikkrankheit der Tabaksblätter. Inaug.-Dissert. Erlangen 1900.

[2]) KONING, C. J., Die Flecken- oder Mosaikkrankheit des holländischen Tabaks. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1899, S. 65.

Die Krankheit ist übrigens nicht auf den Tabak beschränkt, denn WOODS[1]) teilt schon mit, dafs er durch das Abschneiden von Tomaten ähnliche Erscheinungen habe hervorrufen können. Dafs bei derselben Pflanzenspezies die einzelnen Varietäten je nach ihrer Herkunft sich verschieden verhalten, zeigte beispielsweise HUNGER[2]). Er hat bei direkten Versuchen mit dem Köpfen der Pflanzen in Buitenzorg von 50 Exemplaren aus amerikanischen Samen sämtliche Geize (Nebentriebe) mosaikkrank gefunden. Von den gleichzeitig angebauten 25 Pflanzen aus deutschem Samen waren 9 erkrankt; dagegen zeigten die 25 Exemplare aus indischem Samen keine Veränderungen an den Geizen.

Was nun die Ursache dieser Krankheit anbetrifft, so haben wir bereits erwähnt, dafs ein Teil der Beobachter Mikroorganismen annimmt, ohne sie gesehen zu haben. IWANOWSKI beschreibt allerdings eine spezifische Bakterie, aber bei der Nachuntersuchung fand HUNGER, dafs der vermeintliche Organismus mit Phenolchlorathydrat aus den Zellen verschwand. Wir können also sagen, dafs ein parasitärer Organismus bei der typischen Mosaikkrankheit noch nicht bekannt ist: vielmehr drängt die Mehrzahl der exakten Beobachtungen zu der Ansicht, dafs es sich um eine physiologische Erkrankung handele, bei welcher die Übertragung durch eine abwegige Stoffgruppe erfolgt, die im geimpften Organismus fortschreitend in den vorhandenen normalen Stoffgruppen nun dieselben krankheitserzeugenden Umlagerungen hervorruft und auf diese Weise die Ausbreitung der Krankheit veranlafst. Dafs eine Prädisposition vorhanden sein mufs, beweist der verschiedene Grad der Empfänglichkeit der einzelnen Sorten, von denen die mit fetten Blättern viel widerstandsfähiger als die mit dünnen Blättern sind. Die geschätztesten Delitabake (die mit den zartesten Blättern) leiden am meisten. Der Einflufs der Kultur zeigt sich in dem Umstande, dafs jungfräuliche Böden entschieden geringere Prozente an kranken Pflanzen liefern als solche, die schon oftmals zur Tabakkultur benutzt worden sind (s. Anbauversuche von HUNGER[3]).

Von den Forschern, welche Mikroben als Ursache der Mosaikkrankheit nicht anerkennen, werden nun zwei Meinungen vertreten. Die eine Richtung glaubt, dafs die Pflanze ein Gift, ein Virus, produziere, das die Fähigkeit hat, in dem vorhandenen Zellinhalt einer geimpften Pflanze denselben Giftstoff zu erzeugen und damit die Krankheit hervorzurufen. Mit dieser Anschauung trat BEIJERINCK[4]) zuerst hervor, der 1898 ein „Contagium vivum fluidum" als Ursache ansprach. Ferner sagt HUNGER (a. a. O. S. 296) „Das Virus der Mosaikkrankheit betrachte ich als ein Toxin, welches in der Tabakpflanze stets beim Stoffwechsel in den Zellen ausgeschieden wird, aber in normalen Fällen keine Wirkung ausübt, während es sich bei zu stark gesteigertem Stoffwechsel anhäuft und dann Störungen verursacht, wie bei der mosaikartigen Buntblättrigkeit." „Ich nehme an, dafs das Toxin der Mosaikkrankheit, welches primär durch äufsere Reize produziert

---

[1]) WOODS, A. F., Observations on the Mosaik disease of Tobacco. U. S. Dept. of Agriculture. Bull. No. 18, May 1902.

[2]) a. a. O. S. 287.

[3]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1905, S. 289.

[4]) BEIJERINCK, M. W., Over een contagium vivum fluidum als oorzaak van de Vlekziekte der tabaksbladen. Koninkl. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam. Nov. 1898. — Über ein Contagium vivum fluidum als Ursache der Fleckenkrankheit der Tabakblätter. Centralbl. f. Bakteriologie 1899, Abt. II, Nr. 2, S. 27.

wird, fähig ist, beim Eindringen in normale Zellen eine physiologische Kontaktwirkung auszuüben mit dem Erfolg, daſs sich dort sekundär dasselbe Toxin bildet, mit andern Worten, das Mosaikkrankheitstoxin besitzt die Eigenschaft, physiologisch-autokatalytisch zu wirken.“ Auf diese Weise kann das Virus selbständig einen Weg durch die Tabakpflanze machen und auf die Bahnen gelangen, die nach den Meristemen führen, um dort seinen Einfluſs auf die jungen Bildungen auszuüben. Und zugleich erklärt sich daraus die Vermehrungsfähigkeit des Krankheitsstoffes, „welche nicht auf aktiver Reproduktivität des Virus selbst beruht, sondern bloſs aus der passiven reproduktiven Kraft der belebten Zellensubstanz hervorgeht.“

Gegenüber der Gifttheorie vertreten wir eine zweite Richtung, indem wir an die Untersuchungen von PANTANELLI u. a. erinnern, die eine Verschiebung in den Enzymmengen und -wirkungen nachgewiesen haben. HEINTZEL[1]) sagt (1899 S. 45) „das Enzym, welches die Mosaikkrankheit verursacht, ist demnach als eine Oxydase anzusprechen.“ Demgemäſs wäre also die Ursache der Mosaikkrankheit in der gesunden Pflanze vorhanden, und käme nur durch besondere Umstände zu abnormer Wirkung. Genau dieselbe Ansicht spricht WOODS[2]) aus, indem er meint, es handle sich nur um gewisse Bedingungen, unter denen die oxydierenden Enzyme wirksam werden: „either become more active or else are produced in abnormally large quantities.“ Genauer auf die Verhältnisse einzugehen, verbietet die augenblicklich noch ungeklärte Sachlage; für die von uns vertretene, im ersten Abschnitt dieses Kapitels ausgesprochene Ansicht kommt es weniger in Betracht, ob eine Vermehrung der Oxydasen tatsächlich stattfindet, oder eine Verminderung der die Oxydasen stets begleitenden reduzierenden Stoffe (u. a. Gerbstoff) vorhanden ist, wodurch die gleiche Menge Oxydase eine erhöhte Wirksamkeit erlangt. Tatsächlich hat HUNGER nachgewiesen, daſs das mosaikkranke Blatt weniger reduzierende Stoffe, auch Gerbstoff, enthält als gesunde Tabakblätter[3]). Entsprechend dem Chlorophyllmangel ist auch geringerer Zuckergehalt im kranken Blatte nachgewiesen worden; auſserdem finden sich weniger freie organische Säuren[4]). Es fehlt demgemäſs dem mosaikkranken Teile an der Möglichkeit, genügend Reservestoffe zu bilden, und damit gliedert sich die Mosaikkrankheit, die nach HUNGER[5]) auch ohne Verwundung, allein schon durch die Berührung mit der Hand übertragbar ist, und durch Veredlung sich auch auf die Unterlage fortpflanzt, der Albicatio an.

Während wir bei letztgenannter Erscheinung noch keinen Grund zur Einschränkung derselben haben, weil die weiſsbunten Gehölze trotz ihrer gröſseren Empfindlichkeit gesuchte Artikel für unsere Gärten bilden, so ist bei der Mosaikkrankheit die Notwendigkeit ernster Bekämpfungsmaſsnahmen unbedingt geboten und sind diese auch vielfach

---

[1]) HEINTZEL, KURT, Kontagiöse Pflanzenkrankheiten ohne Mikroben, mit besonderer Berücksichtigung der Mosaikkrankheit der Tabaksblätter. Inaug.-Dissert. Erlangen 1900; cit. v. HUNGER a. a. O. S. 269.

[2]) WOODS, A. F., The destruction of chlorophyll by oxidizing Enzymes. Centralbl. f. Bakt. 1899, Abt. II, Bd. V, Nr. 22 S. 745.

[3]) HUNGER, F. W. T., Bemerkungen zur Wood'schen Theorie über die Mosaikkrankheit des Tabaks. Bull. de l'Inst. Bot. de Buitenzorg 1903 No. XVII.

[4]) HUNGER, De Mozaik-Ziekte bij Deli-Tabak. Deel I. Mededeelingen uit S'Lands Plantentuin LXIII, Batavia 1902.

[5]) HUNGER, On the spreading of the Mosaik-disease (Calico) on a tobaccofield. Extr. Bull. de l'Institut Bot. de Buitenzorg 1903, Nr. XVII.

versucht worden. Als das beste Mittel hat sich nach KONING die Kalkzufuhr zum Boden erwiesen. HUNGER konstatierte auch einen guten Erfolg bei der Düngung mit Knochenmehl und warnt vor allen Dingen vor übertriebener chemischer Düngung. Nach meiner Anschauung ist die Krankheit ein Ergebnis der Hochzucht, der durch Verminderung der Stickstoffzufuhr und Erhöhung des Kalkens erfolgreich entgegengearbeitet werden kann.

WOODS sagt (Observations on the Mosaic disease of Tobacco, Washington 1902. S. 24): „Overfeeding with nitrogen favors the development of the disease, and there is some evidence that excess of nitrates in the cells may cause the excessive development of the ferments causing the disease."

Besondere Berücksichtigung verdient auch die Auswahl des Samens, wie aus den Angaben von BOUYGERES und PERREAU [1]) hervorgeht. Diese Forscher entnahmen von einzelnen Pflanzen, die mitten in einem verseuchten Felde bis zur Ernte von der Mosaikkrankheit frei blieben, das Saatgut und erhielten 98 % gesunde Pflanzen; dieselben waren allerdings wieder ansteckbar von Wunden aus, die mit mosaikkranken Teilen in Verbindung gebracht wurden. Vor allem ist auf den Boden besondere Rücksicht zu nehmen. In Erde, die schon längere Zeit Tabak getragen hat, erkrankt gesunde Saat sehr leicht [2]).

Die Pockenkrankheit des Tabaks.

Wir erwähnten bereits bei der Mosaikkrankheit, dafs andere Verfärbungserscheinungen vielfach zu Verwechslungen Veranlassung gegeben haben. Ein Beispiel für letzteren Fall bietet die Pockenkrankheit, auf deren Verschiedenartigkeit von der Mosaikkrankheit IWANOWSKI und POLOFTZOFF [3]) aufmerksam machen, die im Auftrage des russischen Ackerbauministeriums die Krankheit drei Jahre hindurch in Bessarabien studiert hatten. Die Krankheit äufsert sich nach HUNGER [4]) im Auftreten zahlreicher, kleiner, weifser Fleckchen zu Zeiten grofser Trockenheit, während in Deli die Mosaikkrankheit gerade nach Eintritt scharfer Regengüsse zu beobachten ist. Die Ursache wird in ähnlichen Umständen wie bei der Mosaikkrankheit gesucht.

Weisser Rost des Tabaks.

Ferner ist mit der Mosaikkrankheit eine Erscheinung verwechselt worden, die als Weifser Rost bezeichnet wird. DELACROIX [5]) hat darauf aufmerksam gemacht, dafs hierbei nicht die jungen, sondern die ausgewachsenen Blätter zuerst erkranken, die Flecke auch zahlreicher, aber kleiner sind und sich scharf abheben; schliefslich werden dieselben durch eine Korkschicht abgegrenzt. Die Veranlassung soll ein Mikroorganismus, Bacillus maculicola, sein.

---

[1]) BOUYGERES et PERREAU, Contributions à l'étude de la nielle des feuilles du tabac. Compt. rend. 1904, CXXXIX, p. 309.

[2]) BEHRENS, J., Weitere Beiträge zur Kenntnis der Tabakpflanze. Landwirtsch. Versuchsstat. 1899, S. 214 ff. u. 482 ff.

[3]) IWANOWSKI und POLOFTZOFF, Die Pockenkrankheit der Tabakspflanzen. Mém. de l'Acad. Imp. de St. Petersbourg 1890, sér. VII, t. XXXVII.

[4]) HUNGER, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1905, S. 297. Hier auch die betreffende Literatur.

[5]) DELACROIX, G., La rouille blanche du tabac et la nielle etc. Compt. rend. 1905, CXL, p. 675.

Erkrankung der Erdnüsse in Deutsch-Ostafrika.

Nach Karosek[1]) ist *Arachis hypogaea*, eine der wichtigsten Kulturpflanzen der Kolonie, im allgemeinen nur wenig von Krankheiten heimgesucht. Um Tanga und Lindi ist nun im gröfseren Mafsstabe eine Erscheinung aufgetreten, die an die Mosaikkrankheit erinnert. Blätter, Blüten und Früchte bleiben klein, der Fruchtansatz gering. An den Blättern zeigen sich weifsliche, unregelmäfsige Flecke, wodurch das Blatt etwas verkrüppelt. Die Blätter werden schliefslich braun und sterben ab. Pilze sind nicht gefunden worden. Nährstoffmangel ist ausgeschlossen.

Die Schrumpfkrankheit des Maulbeerbaumes.

Die durch ganz Japan jetzt verbreitete Krankheit, welche in Europa sicherlich auch zu finden sein wird, ist erst seit vielleicht 20 bis 30 Jahren genauerer Beobachtung gewürdigt und erst im letzten Jahrzehnt ernstem Studium unterzogen worden. Nach Suzuki[2]), dem wir in der Darstellung folgen, heifst die Krankheit in Japan Jshikubyo oder Shikuyobyo. Gerade so wie die Mosaikkrankheit tritt auch die Schrumpfkrankheit am intensivsten bei den zartblättrigen und schnellwüchsigen Sorten auf. Innerhalb derselben Kulturvarietät leiden die Individuen am stärksten, welche zu viel flüssigen Dünger erhalten, während die in magerem Boden oder in Berggegenden angepflanzten Bäume beinahe frei von der Krankheit sind.

Von besonderer Wichtigkeit ist, dafs die Krankheit ungefähr gleichzeitig mit der allgemeinen Einführung der sogenannten Schnitt-Methode in Japan sich bemerkbar machte. Diese besteht darin, dafs die Stämme oder Zweige zur Zeit der üppigsten Blattentwicklung (Mai-Juni) kurz über dem Boden abgeschnitten werden, wenn die Pflanze drei Jahre alt ist. Darauf produziert der Stock sofort wieder neue üppige Triebe, die bis September noch fünf bis sechs Fufs hoch werden. Diese Zweige werden im folgenden Sommer wieder geschnitten und zwar entweder kurz über dem Boden oder mehrere Fufs über der Bodenoberfläche. Die lang geschnittenen Exemplare leiden weniger von der Krankheit, und in denjenigen Gegenden, in welchen die Pflanzen nach der alten Kulturmethode gar nicht geschnitten werden, ist die Krankheit überhaupt unbekannt, so dafs man mit Sicherheit behaupten darf, dafs es sich auch hier wiederum um eine Folgeerscheinung der Hochkultur handelt. Für die Ansicht, dafs namentlich dieses Schneiden während der Triebzeit die Ursache der Schrumpfkrankheit ist, spricht auch der Umstand, dafs die im Herbst oder ersten Frühjahr vor dem Laubausbruch geschnittenen Pflanzen gesund bleiben. Kranke Pflanzen können geheilt werden, wenn sie einige Jahre vom Schnitt verschont bleiben.

Das erste Zeichen der Krankheit erscheint gewöhnlich an jungen, aus dem Stammstumpfe hervorbrechenden Zweigen, wenn dieselben etwa einen Fufs Höhe erreicht haben. Zunächst schrumpfen die obersten Blätter oder zeigen andere Schwächeerscheinungen, und diese Ver-

[1]) Karosek, A., Eine neue Krankheit der Erdnüsse in Deutsch-Ostafrika. Gartenflora 1904, S. 611.

[2]) Suzuki, U., Chemische und physiologische Studien über die Schrumpfkrankheit des Maulbeerbaumes, eine in Japan sehr weit verbreitete Krankheit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1902, S. 203.

änderung schreitet allmählich abwärts fort, wobei die Blätter sich gelblich oder schmutziggrün färben oder aber auch ihre normale Färbung behalten können. Meist finden sich diese Veränderungen langsam ein, indem im ersten Jahre nur die oberen Blätter einzelner Triebe erkranken und der Zustand sich im Laufe der Jahre derart ausbreitet, dafs der Baum abstirbt. Es gibt aber auch akute Fälle, in denen alle Blätter gleichzeitig in einem Jahre schrumpfen. Die Äste der erkrankten Pflanzen sind gewöhnlich sehr dünn und entwickeln sehr zahlreiche Seitenzweige und Blätter; die Zweige erschlaffen bisweilen und verlieren ihre Festigkeit; die Wurzeln beginnen zu faulen.

Man hat natürlich vielfach Parasiten für die Erkrankung verantwortlich gemacht und namentlich die Erscheinung als Folge einer parasitären Wurzelfäule hingestellt; aber nachweislich sind die Wurzeln in den ersten Stadien der Erkrankung der oberirdischen Teile noch gesund; aufserdem erscheint es von vornherein sehr bemerkenswert, dafs ein Parasit immer nur die nach der Schnitt-Methode behandelten Bäume aufsucht.

Unter Berücksichtigung der vorstehenden Tatsachen wird man zu dem Schlufs gedrängt, dafs hier eine fortgesetzte Störung des Gleichgewichts in den Ernährungsvorgängen die Ursache sein mufs. Dies wird durch die zahlreichen Analysen Suzuki's bestätigt. Er fand z. B. im Durchschnitt von zehn Untersuchungen bei den Blättern der schrumpfkranken Pflanzen, wenn der Gehalt der gesunden Blätter = 100 gesetzt wird:

Wassergehalt 94,7 %, Trockensubstanz 116 %. In hundert Teilen der Trockensubstanz sind enthalten

(normal mit 100 in Ansatz gebracht):

Proteïn	81,8 %
Fett	86,0 „
Rohfaser	81,4 „
Stickstofffreie Extraktivstoffe	120 „
Reinasche	91 „
Gesamtstickstoff	81,8 „
Eiweifsstickstoff	86,8 „
Nichteiweifsstickstoff	66,6 „

In 100 Teilen Asche sind enthalten

(normal mit 100 in Ansatz gebracht):

SiO^2	113,1 %	K^2O	92,3 %
SO^3	97,2 „	CaO	105,5 „
P^2O^5	101,6 „	MgO	120,6 „

Also: grofser Aschereichtum im Verhältnis zur produzierten organischen Substanz, wie wir dies als typisch für alle Mangelpflanzen bereits betont haben.

Was nun die Schrumpfkrankheit der Maulbeerbäume charakterisiert, ist eine Anschoppung von Stärke in den kranken Blättern und eine sehr mangelhafte Ausbildung des Holzkörpers, namentlich der stoffleitenden Bahnen, des Siebröhrenkörpers. Durch die geringe Zahl und Lumenbreite dieser Elemente kann nur eine langsame Wegführung der Assimilate (hier speziell des Zuckers) stattfinden; infolgedessen

wird die weitere Lösung der Assimilationsstärke gehindert[1]). Neben diesen anatomischen Verhältnissen weist nun die Chemie eine abnorm grofse Quantität von Oxydasen und Peroxydasen nach. Nach Woods ist es sehr wahrscheinlich, dafs die Oxydasen nicht nur Chlorophyll zerstören, sondern auch die diastatische und proteolytische Wirkung verhindern, und deshalb würden sie die Ursache der Verzögerung in der Wanderung der Stärke und der Stickstoffverbindungen sein können. Allerdings behauptet Shibata[2]) auf Grund seiner Studien, dafs die Diastasewirkung nicht durch die Oxydase verhindert wird und dafs die Mehrproduktion der Enzyme durch die gesamte Entleerung der Assimilate hervorgerufen würde. Welche von diesen Ansichten die richtige ist, müssen spätere Untersuchungen klarstellen. Uns genügt hier die Tatsache, dafs die Gesamtmenge der Reservestoffe bei den kranken Pflanzen erschöpft wird (Suzuki a. a. O. S. 277). Dies kommt auch in der mangelhaften Füllung der Zweig- und Wurzelrinde und der ruhenden Knospen mit Stärke zum Ausdruck und äufsert sich aufserdem im Nachlassen des Wurzeldruckes und der Transpirationsintensität (Miyoshi). Es ist nun erklärlich, dafs, wenn eine Pflanze durch Fortnahme ihres Laubkörpers fortgesetzt gezwungen wird, ihr Reservematerial zu verbrauchen, sie nicht Zeit hat genügend die Ersatzorgane auszureifen, d. h. hinreichend Stärke, Eiweifs und Cellulose in ihnen niederzuschlagen.

Die Heilung der Krankheit wird in der Rückkehr zum normalen Herbstschnitt bestehen. Sobald man Äste erkrankter Pflanzen durch Absenken zu selbständiger Bewurzelung bringt, entwickeln sich dieselben normal, wie Suzuki experimentell gezeigt hat.

Übrigens kommen ganz ähnliche Krankheitserscheinungen auch bei dem Teestrauch vor, sobald das Abpflücken der Blätter unrationell betrieben wird.

Die Serehkrankheit des Zuckerrohres.

Die auf Java zuerst in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts aufgetretene und von Westen nach Osten fortschreitende Sereh ist zur Zeit wohl die gefürchtetste Krankheit des Zuckerrohres; sie ist jetzt auch auf Réunion, Sumatra, Borneo, Malakka, den maskarenischen Inseln und in Australien beobachtet worden[3]). Der Name stammt nach Krüger[4]), dem wir hier zunächst folgen, von der javanischen Bezeichnung des auf Java häufig in Gärten angebauten *Andropogon Schoenanthus* (jav. *Seréh*), welches Gras aufserordentlich reich verzweigte Büsche bildet. In ihrer ausgebildetsten Form tritt nun die Krankheit des Zuckerrohrs auch in einer übermäfsigen Bildung kurzer Seitentriebe, welche die Pflanze buschig machen, auf. Der Wurzelkörper zeigt geringe Ausdehnung, weil nur wenig schlanke Äste sich im Boden ausbreiten; die Mehrzahl der Wurzeln bleibt kurz und buschig, da ihre Spitzen absterben und die Neubildungen

---

[1]) Miyoshi, M., Untersuchungen über die Schrumpfkrankheit („Ishikubyo") des Maulbeerbaumes. II. Journ. Coll. Sc. Tokio 1901, vol. XV.

[2]) Shibata, K., Die Enzymbildung in schrumpfkranken Maulbeerbäumen. The Botanical Magazine XVII, 1903.

[3]) Cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1901 S. 297.

[4]) Krüger, W., Über Krankheiten u. Feinde des Zuckerrohrs. Ber. d. Versuchsstation f. Zuckerrohr in West-Java, Kagok-Tegal. Dresden, Schönfeld's Verlag, 1890, S. 126.

demselben Schicksal verfallen. In dem abgestorbenen Gewebe finden sich reichlich Parasiten, unter denen auf Java *Tylenchus sacchari* Soltw. am meisten vorhanden ist. Die Internodien der Stengel bleiben kurz, die Augen in den Blattachseln schwellen halbkugelig an, während sie (mit Ausnahme einzelner Sorten) bei dem normalen Rohr flach muschelförmig in kleinen Vertiefungen des Stengels liegen. Das Wachstum des Haupttriebes bleibt zurück und dafür entwickeln sich schnell die unteren, namentlich die in der Erde befindlichen Augen. Bei diesen neuen Trieben aber wiederholt sich alsbald derselbe Vorgang des Zurückbleibens des Spitzenwachstums und Hervorbrechens sekundärer Achsen, wodurch der ganze Stock eine abnorme Buschbildung erhält. Das javanische Material, das ich zur Untersuchung zugeschickt bekommen habe, zeigte an oberen, hochgelegenen Punkten des Stengels bisweilen eine derartige Verästelung der Seitenachsen, dafs sich hexenbesenartige Nester bildeten. Zwischen dieser büschelartigen Verzwergung und dem schlanken normalen Zustande finden sich in den verschiedenen Krankheitsstadien alle möglichen Übergänge.

Infolge der starken Verkürzung der Internodien stehen die Blätter fächerartig beieinander; die Blattscheiden sind wie ineinander geschachtelt. Ihr Absterben erfolgt in vielen Fällen nicht, wie normal, vom Rande aus nach dem Mittelnerv hin fortschreitend, sondern umgekehrt, und die Folge ist, dafs sie lange am Stengel sitzen bleiben und Niststätten für Mikroorganismen bilden. Ihre Farbe ist meist dunkler als die der normal abgestorbenen Blätter, und während diese zähe sind, zeigen sich jene spröder und unterliegen leicht dem Zerfall.

In dem Querschnitt durch einen Knoten des kranken Rohres fallen sofort die intensiv rotgefärbten Gefäfsbündel auf, deren Farbstoff mit Alkohol ausziehbar ist. Die Zellmembranen sind häufig verquollen und teilweis zerstört.

Diese Rotfärbung der Bündel tritt schon in Stecklingen und bei älteren Pflanzen in den ersten Krankheitsstadien auf, so dafs man glaubte, sie als ein besonders beachtenswertes Merkmal hervorheben zu müssen.

Wir haben die Rotfärbung der Zellmembranen bei vielen nicht parasitären Erkrankungen von Monocotylen beobachtet, und Busse [1]) hat dieselbe bei der *Sorghum*-Hirse in Deutsch-Ostafrika künstlich dadurch hervorrufen können, dafs er die Blattspreiten mit Vaselin oder Paraffinöl bestrich. Die Färbung leitete sich in den Stereombelägen der Gefäfsbündel weiter fort und wird von Busse auf eine Störung des Atmungsprozesses zurückgeführt. Wir halten die Rotfärbung für eine Oxydationserscheinung, die bei den verschiedensten Ursachen, namentlich aber bei Wurzelerkrankungen eine Funktionsstörung im Leitungssystem anzeigt. Sehr deutlich tritt sie auch bei der Ananaskrankheit, einer parasitären, durch *Thielaviopsis ethaceticus* erzeugten Krankheit des Zuckerrohrs auf, die durch Stecklinge fortpflanzbar ist. Je gröfser der Zuckerreichtum des Stengels — er nimmt von der Basis bis ungefähr zur Mitte hin ständig zu — desto leichter erkranken die Stecklinge durch den Pilz [2]). Die Rotfärbung erscheint bei der Serehkrankheit bisweilen ganz isoliert in einzelnen

---

[1]) Busse, Walter, Untersuchungen über die Krankheiten der Sorghum-Hirse. Arb. d. Biol. Abt. f. Land- u. Forstw. am Kaiserl. Gesundheitsamte 1904, Bd. IV, Heft 4, S. 319.

[2]) Cobb, N. A., Fungus Maladies of the Sugar Cane. Rep. Exp. Stat. of the Hawaijan Sugar Planters' Association. Bull. 5, Honolulu 1906, Pl. 1, p. 218.

Knoten, während das darunterliegende Internodium noch unverfärbte Fibrovasalstränge besitzt. Dies läfst darauf schliefsen, dafs die Krankheit ein Allgemeinleiden, eine Konstitutionskrankheit darstellt, die ihre ersten sichtbaren Symptome bald hier bald dort an besonders geschwächten Stellen in die Erscheinung treten läfst.

Man hat die Ursache der Krankheit in den verschiedenartigsten Einflüssen gesucht: Bodenerschöpfung, Degeneration durch fortgesetzte ungeschlechtliche Vermehrung, abnorme Witterungsverhältnisse, unpassende Düngung, namentlich mit Erdnufskuchen (Bungkil), zu tiefes Pflanzen bezw. zu hohes Anerden, zu frühe oder zu späte Pflanzung und endlich Parasiten. Von letzteren kommen Nematoden, Fadenpilze und Bakterien in Betracht.

Nun widersprechen die Untersuchungen des einen Forschers denjenigen eines anderen. So gibt beispielsweise Krüger an, dafs er als steten Begleiter der Krankheit Bakterien in den Gefäfsen gefunden habe, während Tschirch[1]) die Bakterien als Krankheitsursache für ausgeschlossen hält und die ersten Anfänge in einer Wurzelverletzung erblickt. Benecke[2]) steht auf der Seite von Krüger; Möbius[3]) wendet sich gegen die Behauptung einer vorliegenden Degeneration und sucht die Ursache auch in parasitären Organismen. Ohl[4]) sieht die Ursache der Serehkrankheit und der Blattfallkrankheit des Kaffeebaumes in Java in der Entwaldung derBerge und der daraus hervorgehenden Trockenheit. Ebenfalls auf Wassermangel führt Janse[5]) die Krankheit zurück, insofern als er glaubt, dafs die gummiartige Verstopfung der Gefäfse die Leitung behindert. Die Bildung der gummiartigen Substanz bringt er mit Bakterien in Verbindung (*Bacillus Sacchari*). Went[6]) betrachtet die Sereh direkt als eine Gummose, die durch das Zusammenwirken einer parasitären Wurzel- und Blattscheidenerkrankung zustande kommt und sich durch Stecklinge fortpflanzt.

Als nicht parasitäre Gummose fafst Wakker[7]) die Krankheit auf, die damit zusammenhängt, dafs die während des trocknen Monsuns entwickelten Stecklinge in der folgenden Regenzeit Wasserüberschufs bekommen.

So wogt der Kampf der Meinungen bis in die neuste Zeit fort[8]), ohne dafs er zu positiver Einigung geführt hätte. Der Grund ist wahrscheinlich darin zu suchen, dafs die bei der Serehkrankheit angegebenen Merkmale auch bei anderen Krankheitserscheinungen vorkommen, wie beispielsweise der folgende Abschnitt zeigen wird, und dafs daher ver-

---

[1]) Tschirch, A., Über Sereh, die wichtigste aller Krankheiten des Zuckerrohres in Java. Schweiz. Wochenschrift f. Pharmazie 1891.

[2]) Benecke, Franz, Proefnemingen ter Bestrijding der „Sereh". Samarang 1890. Weitere Abhandlungen desselben Autors s. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 1891, S. 354, 361.

[3]) Möbius, M., Over de gevolgen van voortdurende vermenigvuldiging der Phanerogamen langs geslachteloosen weg. Mededeelingen van het Proefstation „Midden Java" te Samarang. 1890.

[4]) Ohl, A. E., Eene Waterstudie. Batavia 1891; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. Bd. I, S. 365.

[5]) Cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893, S. 238.

[6]) Went, F. A., Die Serehkrankheit; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1894, S. 235 und 1901, S. 297.

[7]) Wakker, J. H., De Sereh-Ziekte S. A. Archief voor de Java-Suikerindustrie. 1897; Afl. 3.

[8]) Hein, A. S. A., Hypothesen en Ervaring omtrent de Sereh ziekte. De Indische Mercuur. Amsterdam 1905; cit. Jahresber. f Pflanzenkrankh. v. Hollrung, Bd. VIII, 1906, S. 245.



Lieferung 17. (Erster Band, Bog. 44—48.) Preis: 3 Mark.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage
in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau,
Privatdozent an der Universität Berlin
und
Dr. L. Reh,
Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben
von
Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



Mit zahlreichen Textabbildungen.

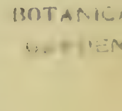
BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1908.

Erscheint in etwa 20 Lieferungen à 3 Mark.



schiedene Untersucher auch verschiedene Krankheitsformen unter den Händen gehabt haben dürften.

Von den positiven Ergebnissen heben wir einige Tatsachen heraus, nämlich, dafs gesundes Rohr mitten in serehkranken Pflanzungen sich gesund erhalten kann, und dafs zweitens krankes Rohr in gesunden Feldern krank bleibt. Es kommt ferner hinzu, dafs manchmal tiefe Feldränder zuerst oder allein erkrankt sich zeigen, und dafs das stark zur Erkrankung neigende Cheribon-Rohr im Gebirge angepflanzt, gesunde Stecklinge ergeben hat. Bekannt ist aufserdem, dafs einzelne Varietäten nahezu immun, andere sehr hinfällig sind. Ja, Stecklinge derselben Varietät aus serehfreien Örtlichkeiten halten sich auch in infizierten Gegenden zunächst gesund. Daraus geht hervor, dafs die Krankheit schwerlich parasitär ist, sondern in die Gruppe der Gummosen fällt. Es wird dabei gar nicht bestritten, dafs auch bakteriöse Gummosezustände bei der Sereh existieren, ähnlich wie bei der Schwanzfäule unserer Zuckerrüben, aber auch diese Formen hängen von gewissen Schwächezuständen des Pflanzenleibes ab, die wir als Verschiebungen der enzymatischen Funktionen bezeichnen.



Wir erblicken in der rücksichtslosen Kultur des Zuckerrohrs bei gesteigerter Dünger- und Wasserzufuhr auf schwerem Boden in geschlossenen Lagen usw. die Ursache, dafs das Rohr nicht genügend ausreifen, d. h. Reservestoffe, also hier Rohrzucker ablagern kann. Tatsächlich ist der Rückgang im Zuckergehalt bei der Sereh ungemein grofs.

Wir sind nicht in der Lage, den Vorgang zu präzisieren, der den Mangel an Reservestoffen veranlafst. Es ist aber für die Beurteilung der Krankheit gleichgültig, ob dabei ein Überschufs abbauender oder eine Lähmung aufbauender Enzyme vorhanden ist. Die Stoffwechselvorgänge, welche zu diesem Rohrzuckermangel führen, sind natürlich in der ganzen Pflanze vorhanden, gleichviel wo sie sich symptomatisch geltend machen. Also jeder kleinste Teil des kranken Rohres, auch wenn er keine Symptome von Sereh erkennen läfst, ist tatsächlich prädisponiert und enthält eben die abwegigen Stoffwechselvorgänge. Mithin ist jeder Bibit (Steckling) einer serehkranken Pflanze ein Todeskandidat, sobald er in Verhältnisse kommt, welche der Krankheit günstig sind; er heilt sich aber aus und kommt zu normaler Enzymtätigkeit zurück auf Ländereien, wo Sereh nicht zum Ausbruch kommt.

Daraus ergibt sich als bestes Mittel die Auswahl serehfester Sorten oder wenigstens die Anzucht von Bibits in freien Gebirgslagen und sonstigen Örtlichkeiten, welche die Krankheit nicht aufkommen lassen. Wahrscheinlich wird eine Kulturänderung in der Richtung, dafs nur schwache Düngungen und lockerer Boden sowie freie Lagen zur Rohrkultur zur Verwendung kommen, auch in ausgesprochenen Krankheitsherden die Sereh zum Stillstand kommen lassen.

Wir glauben, dafs auch die als Rotze des Zuckerrohrs beschriebenen Krankheiten hierher gehören. Desgleichen ziehen wir hierher die von Spegazzini[1]) beschriebene Pulverkrankheit, die auch mit roten Flecken und Gummiausscheidung auftritt, aber sich durch unangenehmen Geruch bemerkbar macht. Es leidet namentlich die Stengelbasis. Aus dem Gummischleim liefs sich ein Bazillus isolieren (*Bacillus Sacchari*), der einen sauren Nährboden braucht und eine

[1]) Spegazzini, La gangrena humida o polvillo de la canna de zucchero. Rivista azucarera 1895.

Eiweifsfäulnis hervorruft, welche die Veranlassung zu dem ekelhaften Geruch des kranken Rohres gibt. Dieselbe Krankheit kommt auch bei *Andropogon nutans* vor. Betreffs des Zustandekommens der Rotfärbung der Gefäfsbündel und des Gummis beim Zuckerrohr durch Mikroorganismen ist eine Arbeit von GREIG SMITH [1]) von besonderer Wichtigkeit. Er fand rote Gefäfsbündel sowohl an sonst gesundem Rohr als auch an den von *Bacillus vascularum* Cobb gummos gewordenen Stengeln. Die rote Färbung war durch die Ausfüllung der grofsen Gefäfse durch ein rotes Gummi entstanden, wie bei der Sereh und anderen Zuckerrohrkrankheiten. Er fand ferner einen Fadenpilz, der auf Nährmedien mit Dextrose eine glänzende, hoch scharlachrote Färbung, aber kein Gummi erzeugte und in den erkrankten Gefäfsen Gummibakterien, nämlich *Bacillus pseudarabinus* n. sp., *Bact. Sacchari* („diese Art bewohnt normalerweise das Zuckerrohr") und aufserdem *Bact. vascularum.* Auf Platten von Nähragar mit Laevulose produzierte der Pilz keinen Farbstoff, aber in Kombination mit *Bact. pseudarabinus* wurde ein leuchtend scharlachroter, mit *Bact. Sacchari* ein rostbrauner erzeugt.

Aus diesen Beispielen ersieht man, wie die Beschaffenheit des Mutterbodens die parasitäre Tätigkeit zu modifizieren imstande ist, und auf welche Weise daher wechselnde Krankheitsbilder entstehen. Vorbedingung für das Zustandekommen der Krankheit ist aber eine Abwegigkeit der normalen Stoffwechselvorgänge im bisher gesunden Rohre, welche die Vermehrung von (wahrscheinlich stets vorhandenen) Bakterien begünstigt und die bei den verschieden empfänglichen Rohrsorten bald früher, bald später eintritt, bei den immunen Sorten aber unterbleibt.

Die Cobb'sche Zuckerrohrkrankheit.

Nach ERWIN SMITH [2]) hat die Serehkrankheit viel Ähnlichkeit mit der von ihm beschriebenen Cobb'schen Krankheit des Zuckerrohres in Australien (und wahrscheinlich auch auf Mauritius, Java und Brasilien). Die letztere charakterisiert sich auch durch Zwerghaftigkeit des Wuchses, Verkürzung der Internodien, Albicatio, vorzeitiges Aussprossen der Knospen und Fortpflanzung durch infizierte Stecklinge. Sie unterscheidet sich aber wesentlich dadurch, dafs das Herz des Rohrstengels rotzig wird und dafs beständig in den (blutroten) Bündeln des Stammes massenhaft ein gelber Schleim (gum) auftritt. Durch sorgfältige Impfversuche ist nachgewiesen, dafs die Ursache der Erkrankung *Pseudomonas* (*Bacillus* COBB) *vascularum* ist.

Die Rotfärbung der Bündel (entsprechend der Braunfärbung bei anderen bakteriösen Gummosen) hält S. für eine Reaktion der Pflanze. Nach PRINSEN GEERLINGS existiert in der Cellulose des normalen Zuckerrohres ein neutraler, schwer löslicher ungefärbter Stoff, welcher bei Einwirkung von Alkali ins Gelbe übergeht (wie Gerbstoffe, Ref.), aber bei Durchlüftung rot und später braun wird.

Das interessante Resultat ist der Nachweis, dafs bestimmte Rohrvarietäten (Common Green Cane) bei Impfversuchen eine aufserordentlich grofse Empfänglichkeit zeigten, während andere Varietäten

---

[1]) R. GREIG SMITH, Sidney. Bakteriolog. Laboratorium der Linnean Soc. of New South Wales. Centralbl. f. Bakt. usw. 1906, Bd. XV, Nr. 25, S. 733.

[2]) SMITH, ERWIN, Ursache der Cobb'schen Krankheit des Zuckerrohres. Centralblatt f. Bakteriologie usw. 1904, Bd. XIII, Heft 22/23.

(z. B. Common Purple Cane) nur ganz leicht erkrankten. Letztere zeigten nahezu den doppelten Säuregehalt des Saftes, und SMITH vermutet, dafs die hohe Empfänglichkeit für den Parasiten „nur auf der schwachen Acidität oder dem minimalen Auftreten einer spezifisch hindernden Säure“ beruht. COBB berichtet, dafs dort, wo solche widerstandsfähigen Sorten angebaut wurden, die Krankheit verschwunden sei.

Zu derselben Krankheitsgruppe gehört die von mir als „bakteriöse Gummosis“ zuerst beschriebene, später als „Rübenschwanzfäule“ bekannt gewordene Krankheit der Zuckerrüben (s. II. Teil des Handbuches S. 42). Soweit Versuche erkennen lassen, gelangen die Bakterien nur dann zur epidemischen Ausbreitung, wenn bei reicher Stickstoffdüngung anhaltende Hitze und Trockenheit die Vegetation der Rüben schwächen. Tritt bei derselben Überdüngung feuchtes Wetter ein, geht zwar der Zuckerertrag bedeutend zurück, aber bakteriöse Gummosis bleibt aus [1]).

Peach Yellow.

Seit 1887 ist eine Krankheit der Pfirsichen in den Ver. Staaten von Nordamerika dem ernsteren Studium unterzogen worden, welche den ausgedehnten Kulturen ungemein grofsen Schaden zufügt. Es handelt sich um eine durch Veredlung übertragbare Gelbsucht [2]). Dadurch unterscheidet sich diese Gelblaubigkeit von den ähnlichen, durch Nährstoffmangel, Frost usw. veranlafsten Erscheinungen. Bei der Krankheit, die seit zwanzig Jahren in steter Zunahme begriffen ist und in manchen Landschaften (Delaware und Chesapeake Region) den Pfirsichbau unlohnend gemacht hat, gilt als charakteristisch zunächst eine eigenartige Rotfleckigkeit und vorzeitige Reife der Früchte. Hierzu kommt die vorzeitige Entwicklung der Winterknospen und reichliche Proventiv- und Adventivaugenausbildung. Also krankhafte Verzweigung wie bei der Sereh. Während die bisweilen auch im Fleisch rotstreifigen Früchte im ersten Jahre noch normale Gröfse haben, verkleinern sie sich in den folgenden Erkrankungsjahren und werden geschmacklos oder gar bitter. Die Erscheinung ist zunächst auf einige Äste beschränkt, breitet sich aber allmählich über den ganzen Baum aus. Dabei fängt das Laub an stellenweis gelbgrün zu werden, und schwächliche, bleiche Sprosse brechen aus der Rinde hervor. Die nächste Frühjahrsbelaubung tritt dann schon gelb oder rötlichgrün heraus; die neuen Triebe verbutten und ihre Blätter rollen und verkrümmen sich. Bisweilen zeigen alle gesunden schlanken Triebe plötzlich an ihrer Spitze eine sich fortwährend wiederholende Bildung von immer schwächlicher werdenden Seitenachsen, und es entstehen (meist im Herbst) ganze Sprofsnester. Früher oder später tritt der Tod ein. Bei Okulation von gesunden Augen erkrankter Bäume zeigte sich ein grofser Prozentsatz der Okulanten erkrankt, und zwar nicht blofs der aus dem Auge sich entwickelnde Trieb, sondern auch die Unterlage, ähnlich der Panachierung in der Albicatio.

Zunächst als eine Varietät der geschilderten Krankheit galt die Peachrosette, die auch an Pflaumen auftritt und nunmehr von SMITH

---

[1]) s. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1892, S. 280, 1896, S. 296 und 1897, S. 66. — Blätter f. Zuckerrübenbau 1894, S. 1.

[2]) SMITH, E. F., in Report of the chief of the Section of Vegetable Pathology. Washington 1890. — SMITH, ERWIN F., Additional evidence on the communicability of peach yellows and peach rosette. Washington 1891, Bull. 1.

als besondere Krankheit angesprochen wird. Ihr Verlauf ist ungemein schnell, so daſs schon in demselben oder spätestens im folgenden Jahre der Tod eintritt. Auch hier entstehen Blattrosetten durch auffällig reichliche Entwicklung schlafender Augen und Aussprossung normaler Seitentriebe, die aber kaum ein Sechstel der Länge gesunder Triebe erreichen und sofort wieder Seitensprosse entwickeln, die wiederum sich verzweigen. Solche Zweignester enthalten manchmal 200 bis 400 kleine Blättchen und miſsgestaltete Nebenblätter. An der Basis der Triebe sind die Blätter gröſser und besser ausgebildet, aber eigentümlich an den Rändern eingerollt und durch eine gewisse Starrheit der Mittelrippe auffällig steif. Diese Blätter werden schon im Frühsommer gelb und fallen ab; im Laufe des Sommers trocknen die ganzen Rosetten ein. Die Blumen an den erkrankten Trieben entwickeln sich hier aber nicht früher, sondern eher etwas später als bei den gesunden; dagegen fallen die gummos werdenden Früchte ab, wenn sie noch grün sind und zeigen niemals die roten Flecke, wie bei der Peach Yellow-Krankheit. In beiden Krankheiten erweisen sich die feinen Seitenwurzeln geschrumpft und abgestorben, und die Rosettenkrankheit ist vielfach mit reichlichen Gummiherden vergesellschaftet gefunden worden. Auch die Rosettenkrankheit ist durch Okulation auf die Unterlage übertragbar. Nur entwickeln sich in der Regel viel mehr normale Seitenaugen an einem Zweige zu Rosetten, und dadurch wird die Büschelbildung eine dichtere als bei der Peach Yellow.

Betreffs der Ursache sind die Meinungen geteilt; doch kommt hier die Bakterientheorie weniger zum Ausdruck, nachdem anerkannt worden ist, daſs Mycel und Bakterien in vielen Fällen nicht zu finden gewesen sind. Man kommt also hier viel allgemeiner zu der Anschauung, daſs es sich um eine Konstitutionskrankheit handelt, bei der die abwegigen Stoffgruppen, wie bei der Albicatio und der Mosaikkrankheit sich durch Veredlung übertragen lassen; hier ist sogar die Übertragung durch den Pollen wahrscheinlich, da Morse [1]) beobachtet hat, daſs von drei Pfirsichsorten zwei erkrankten, eine dritte aber, *White Magdalene*, gesund blieb. Diese lieſs sich mit anderen nicht kreuzen.

Von den auſserordentlich zahlreichen praktischen Versuchen, die namentlich Smith [2]) angestellt hat, kann als Resultat nur gemeldet werden, daſs dadurch kein Hinweis auf die Ursache erlangt worden ist. Nährstoffmangel und -überschuſs können in gewöhnlichen Jahren nicht als Grund einer Erkrankung angesehen werden; doch läſst sich beobachten, daſs regenreiche und kühle Sommer eine Abnahme, groſse Trockenperioden eine Zunahme der Erkrankungen zeigen. Bei der Rosettenkrankheit wurde durch Veredlung auf Mariannenpflaume anscheinend ein Schutzmittel gefunden, da die vom kranken Pfirsich stammenden Augen sich zu gesunden Trieben entwickelten. Infektionsversuche mit etwa 20 verschiedenen Bakterien- und Hefearten aus dem Gewebe kranker Pfirsiche zeigten keinen anderen Erfolg, als daſs in einigen Fällen an der Impfstelle Anschwellungen oder Gummifluſs entstanden [3]).

---

[1]) Morse, E. W., On the power of some peach trees to resist the disease called „yellows". Bull. Bussey Institution, Cambridge 1901; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 1902, S. 58.

[2]) Smith, E. F., Experiments with fertilizers etc.; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 1894, S. 177.

[3]) Smith, E. F., Additional notes on peach rosette. The Journal of Mycology. Vol. VII, Nr. 3, 1893.

Mandelbäume leiden von beiden Krankheiten, von der Gelbsucht auch die Aprikosen und die japanische Pflaume[1]).

Unserer Anschauung nach handelt es sich hier auch um Schäden, die durch intensive Kultur und Nichtberücksichtigung der Bodenansprüche des Pfirsichbaumes hervorgebracht werden. Alle schweren und sehr dungreichen Böden sind der Pfirsich für die Dauer gefährlich. Anbau auf lockeren Bodenarten und freier Standort dürften bei der Bekämpfung in erster Linie zu berücksichtigen sein.

Der Gummifluss der Kirschen.

Der Gummiflufs ist als eine weitverbreitete Erscheinung, namentlich in der Familie der Steinobstgehölze bekannt, die durch sehr verschiedenartige Ursachen hervorgerufen werden kann.

Hauptsächlich sind es bei uns die Kirschen und Pfirsiche, welche am häufigsten an Gummiflufs leiden. Wir sehen bald hellgelbe, durchsichtige, bald braune, trübe, feste Massen über einen Teil der Rinde eines Zweiges, oder Stammes ergossen. Diese Massen sind in kochendem Wasser löslich, in Weingeist unlöslich, unkristallisierbar, geben mit verdünnter Schwefelsäure gekocht einen gärungsfähigen Zucker und liefern, mit Salpetersäure behandelt, Schleimsäure, sind also ein Glied jener Gruppe, welche die organische Chemie mit Gummi bezeichnet. Je nach ihrer Quellbarkeit im Wasser hat man verschiedene Arten von Gummi unterschieden; das in kaltem Wasser vollständig lösliche Gummi hat man als Arabin eingeführt, das die Eigenschaften einer Säure hat[2]): das in Wasser zu einer klebenden Gallerte aufquellende Tragantgummi ist ein Repräsentant der Bassoringruppe, und als Cerasin wurde die Modifikation des Bassorin angesprochen, die in kochendem Wasser löslich ist. Das Gummi der Kirschen und Pflaumen ist ein Gemisch von Arabin und Cerasin. Wir dürfen annehmen, dafs das bei der Gummose gebildete Gummi je nach der Zeit seiner Entstehung und je nach Charakter der Gewebe, aus denen es entsteht, in seiner Zusammensetzung wechselt. Es dürfte Verwandtschaft mit den Pektinsubstanzen besitzen. Das arabische Gummi trägt den Charakter eines organischen Kalksalzes.

Den besten Einblick in das Wesen der Krankheit erlangen wir bei Betrachtung eines jungen, stark gummosen Kirschenzweiges, wie er in Fig. 155 *1 u. 2* dargestellt wird. Hier zeigen sich zunächst mitten im normalen Holzkörper einzelne Gefäfse, welche gänzlich mit Gummi angefüllt sind (Fig. 155 *2a*), und zwar hat sich dasselbe zum Teil schon aus der sekundären Gefäfsmembran gebildet. Durch Behandlung mit Salzsäure, welche die Holzzellen- und Gefäfswandungen, sowie die eigentlichen Bastzellen leuchtend karminrot färbt, erkennt man den Übergang der noch roten Gefäfswand in das gelbe, hier tropfenförmig aufsitzende Gummi sehr leicht. Diese Erscheinung ist häufig nur Vorläufer oder Begleiter einer viel tiefer eingreifenden Gummibildung, wodurch grofse Gummidrusen im Holz und in der Rinde entstehen.

Schon an einjährigen Zweigen gelingt es, die ersten Spuren des Gummiflusses zu entdecken. Bei Durchmusterung von Querschnitten jugendlicher Zweige, an denen sich die Gummosis nur durch Auftreten eines äufserst kleinen, schwarzen Punktes dem blofsen Auge kenntlich

---

[1]) Cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1896, S. 156.

[2]) Czapek, Fr., Biochemie d. Pflanzen. Leipzig 1905. Bd. I, S. 554.

macht, zeigen sich bisweilen hellere Stellen im Holzkörper, die bei genauerer Untersuchung aus parenchymatischen anstatt aus prosenchymatischen Zellen zusammengesetzt sind. Dieses abnorme Holzparenchym (Fig. 155 *2 p*) ist meist von dem normalen Holzkörper eingeschlossen, der es auch vom Cambium (*2 c*) abgrenzt. In der Regel sind diese helleren Stellen, welche parallel der Peripherie und meist getrennt durch dünne, radiale Streifen normalen Holzes nebeneinander gelagert sind, in verschiedenen Entwicklungsstadien. Einige sind vollständig unversehrt, andere zeigen bereits die Zellen in der Mitte zu Gummi umgewandelt; in einzelnen Fällen ist schon das ganze abnorme Parenchym und ebenso das feste, normale Holz in vollständigem Übergange zu Gummi (Fig. 155 *2 d*). Es wird dabei die Intercellularsubstanz zuerst aufgelöst; dann folgt die primäre und endlich die sekundäre Membran der Gefäfse und Holzzellen. In solchen gröfseren Gummilücken tritt ein eigentümlicher Vorgang von Wachstum einzelner Zellelemente neben der gleichzeitigen Auflösung der übrigen ein. Während nämlich die Holzzellen und Gefäfse der Gummifizierung unterliegen, wachsen zunächst einzelne Markstrahlzellen etwas in die Länge; die Stärke, welche sie enthalten, wird aufgelöst; in einigen bemerkt man hier und da zwei neue Zellen, die sich in divergierenden Richtungen verlängern. Die mehr nach innen liegenden, vom Gummiherde etwas entfernteren Markstrahlzellen runden sich ab und verlängern sich ebenfalls, und so entstehen zahlreiche Fäden, welche Ähnlichkeit mit manchen Algen (*Trentepohlia*) haben (Fig. 155 *m*) und welche frei in die Gummimasse hineinwachsen. Allmählich verfallen auch diese Fäden der Gummosis; auch sie werden von aufsen nach innen aufgelöst, was jedoch nicht in bestimmter Reihenfolge stattfindet. Manchmal sieht man die Zellen an der Spitze des Fadens bis auf einen dünnen Überrest der Wandung verflüssigt; in anderen Fällen sind Zellen an der Basis aufgelöst, und es liegt dann das freigewordene Fadenstück isoliert in der Gummimasse.

Ganz ähnliche Vorgänge zeigen sich in der Rinde, deren dickwandige Bastzellen (Fig. 155 *b*) sehr leicht der Gummosis unterliegen. Die Gummiherde sind in der Rinde häufiger anzutreffen als im Holze; in seltenen Fällen habe ich die ersten Anfänge nur im Cambium selbst gefunden, und zwar bei Pfirsich mehr als bei Kirsche.

Wo aber auch immer die ersten Anfänge sich zeigen mögen, stets ist das Übel bei weiterem Umsichgreifen gefährlich. Im Holz entstandene Gummifizierung teilt sich bald dem Cambium und der Rinde mit; bei gröfserer Ausdehnung in der Rinde, die wohl den gröfsten Teil des nach aufsen tretenden Gummis liefern mag, bleibt für die Folge auch das Cambium nicht unversehrt. Die Behauptung, dafs die Gummose stets im Cambium beginne, ist nur dann richtig, wenn damit die Anlage unvollkommen ausgebildeter Zellen, die später der Schmelzung verfallen, gemeint ist. Der Verflüssigungsprozefs selbst kann an jeder Stelle der Achse und viel später beginnen, als die Anlage dieser Gewebe stattgefunden hat. Daher sehen wir Gummilücken mitten im Holzkörper.

Das Endresultat ist im wesentlichen dasselbe. An einer Stelle des Stammumfanges ist schliefslich das Cambium vernichtet und der schon gebildete Holzkörper mehr oder minder krank. Eine sich weiter ausbreitende Wunde ist vorhanden; dieselbe ist aber äufserlich nicht immer kenntlich; denn nicht immer wird eine kranke Stelle durch nach

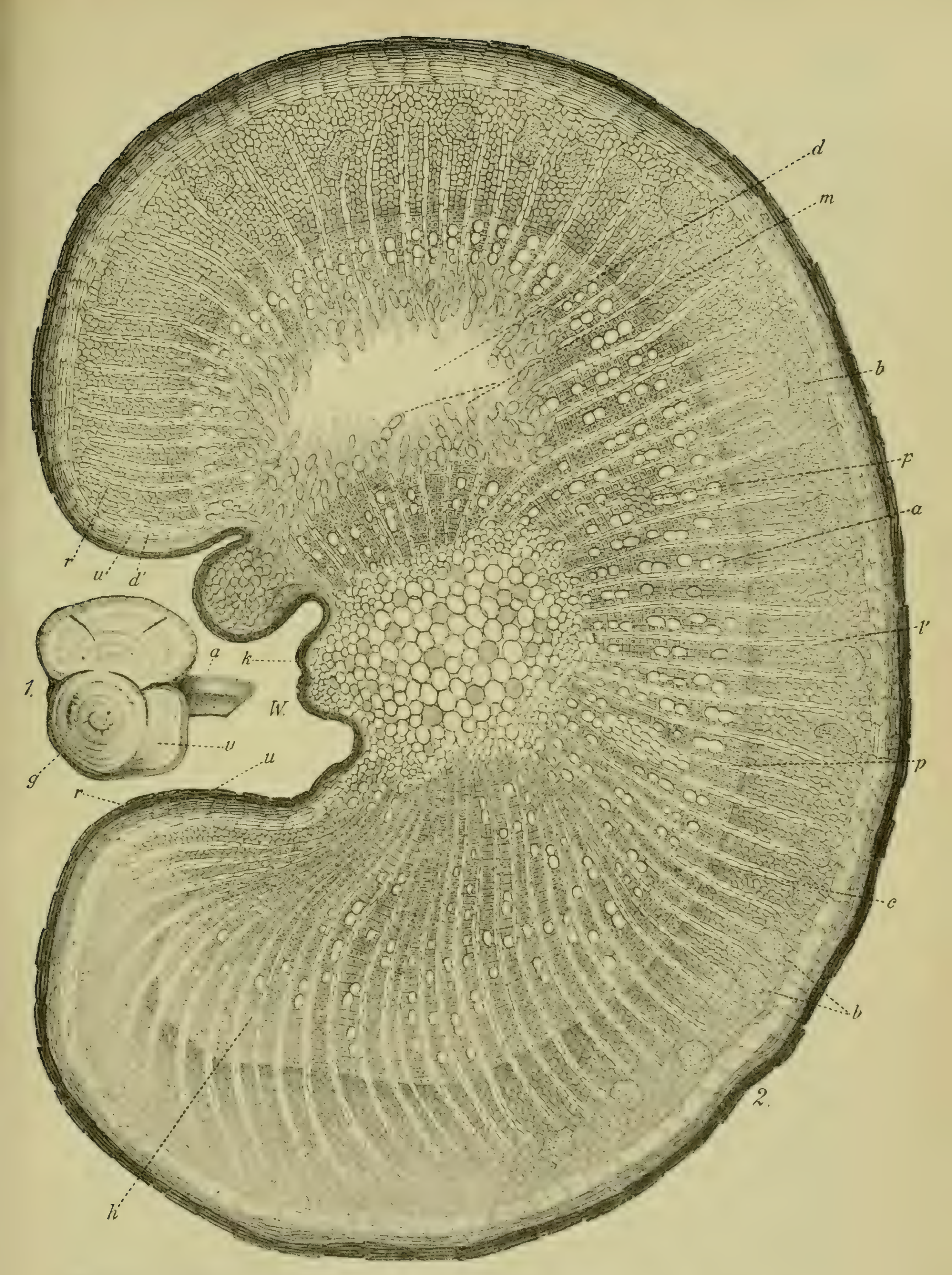


Fig. 155. Einjähriger Zweig einer Süfskirsche mit ausgebildeter Gummidruse und parenchymatischen Gewebegruppen im gesunden Holzkörper. (Orig.)

aufsen getretenes Gummi bezeichnet. Selten oder doch erst sehr spät tritt Gummi nach aufsen, wenn das Cambium zuerst von der Gummosis ergriffen ist. Es stirbt dann das feste, vorher gebildete Holz nur langsam ab, und zwar allmählich mehr nach der Tiefe des Stammes, nach dem Markkörper (Fig. 155 *2k*) hin, als in der Richtung des Stammumfanges, was von den gleichzeitig mit der Krankheit auftretenden Überwallungsbestrebungen herkommt. Ein Fall, der in der Zeichnung (Fig. 155 *1g*) dargestellt worden ist und nicht selten vorkommt, besteht darin, dafs der Rindenkörper mit Ausnahme einiger Bastbündel über dem gummosen Holze nicht aufgelöst wird, sondern zusammentrocknet. Dort ist der in der Fig. 155 *2* mit *W* markierte Raum durch die Rindenelemente (Fig. *2r*) überspannt. Die Gummibildung ist dann keine sehr reiche; aber um so reicher tritt das Streben des Baumes hervor, die Wunde zu heilen, was am einjährigen Zweige schon deutlich wahrnehmbar wird. Fig. 155 *1*, die einen älteren gummosen Stammteil darstellt, zeigt in *u* die mehrjährigen Überwallungsversuche des Baumes; *a* ist ein abgehender Zweig.

Reichlichere Holz- und Rindenbildung an den der Wunde zunächst liegenden gesunden Stammteilen (Fig. 155 *2h*) machen den Stamm an der Wundseite dicker als an der gesunden Seite *l'* und ober- und unterhalb der Wunde. Wenn die Rinde über der Wunde erhalten bleibt, heben die Überwallungsränder (Fig. 155 *u*) die trockne Rinde von dem kranken Holzkörper ab, und es bildet sich auf diese Weise eine Höhle, deren hintere Wand von dem der Gummose teilweise anheimfallenden Holz- und Markkörper, deren vordere Wand von der vertrockneten (in unserer Figur nicht gezeichneten) Rinde und deren Seiten von den frischen Überwallungsrändern *u u* gebildet werden. Die dadurch entstehende Höhle ist ein Aufenthalt von Insekten und Pilzen.

Aber auch die neugebildeten Überwallungsränder bleiben selten intakt. In den meisten Fällen sieht man in dem üppig entwickelten, neuen Gewebe kleine Gummiherde (Fig. 155 *2d'*). Zwar sucht die lebendige Rinde die kranke Stelle durch Schichten von Lederkork einzuschliefsen; allein eine Heilung habe ich nicht bemerken können. Durch dieses Auftreten neuer Gummiherde im Überwallungsgewebe erklärt sich das schwere Schliefsen der Wunde.

Aus der Betrachtung des abgebildeten gummösen Kirschenzweiges haben wir folgende Punkte hervorzuheben: 1. die Entstehung parenchymatischer Gewebegruppen zwischen den Prosenchymelementen des Holzkörpers; 2. die Lage dieser Gruppen zwischen zwei Markstrahlen, welche um diese Parenchymnester herumbiegen können und (seltener) sich auch an deren Bildung zu beteiligen vermögen; 3. die Entstehung dieser Gruppen unabhängig von Wunden; 4. die Schmelzung dieser Gewebenester zu Gummilücken, in welche die resistenten Markstrahlzellen fadenartig hineinwachsen. Letzterer Umstand erklärt sich dadurch, dafs in derselben cambialen Ringzone eines Zweiges oder Stammes die Markstrahlzellen dem zwischen ihnen liegenden Gewebe in der Entwicklung vorauseilen, also radial schon weiter in den Rindenkörper hinein verlängert sind und als Schwellgewebe funktionieren. Zur Zeit des Anfangs des Schmelzungsprozesses sind somit die Markstrahlzellen derber und widerstandsfähiger, und dadurch entstehen bei der nicht durch Wunden veranlafsten Gummosis die ersten Gummiherde als Lücken zwischen zwei Markstrahlen.

Die neueren Erklärungsversuche über das Zustandekommen des Gummiflusses — über die älteren Anschauungen vergleiche man die zweite Auflage dieses Handbuchs — gehen von den Erscheinungen der Verwundung aus. In einer sehr ausführlichen Arbeit behaupten Beijerinck und Rant[1]), dafs der Gummiflufs „auf einer durch Wundreiz verursachten abnormen Entwicklung des embryonalen Holzgewebes“ beruhe.

Beijerinck stellt sich die Sache so vor: Die normale Pflanze bildet cytolytische Substanzen, welche sich an der Gefäfs- und Tracheïdenbildung beteiligen. Das dabei erzeugte physiologische Gummi wird zwar gewöhnlich gänzlich resorbiert, bleibt jedoch unter Umständen als solches selbst in der Höhlung der erwachsenen Gefäfse nachweisbar. Der „Gummiflufs beruht nun auf abnormaler Steigerung der Wirkung jener cytolytischen Substanzen unter dem Einflufs absterbender Zellen, vielleicht dadurch, dafs bei der Nekrobiose eine besonders grofse Menge davon erzeugt wird. Unter Nekrobiose ist die Zelltätigkeit zu verstehen, nach Tötung des Protoplasma, aber bei dem Aktivbleiben der enzymartigen Körper“.

Gegen diese Anschauung wendet sich Ruhland[2]), der zunächst darauf aufmerksam macht, dafs Gummifikation in Samen, Früchten[3]), Blättern und, worauf er besonders Gewicht legt, auch im Phellogen stattfinden kann. Er fand im jüngsten Phellogen bei *Prunus Cerasus* bedeutende Gummimassen und glaubt, dafs es sich „bei der gummosen Auflösung um eine allgemeine Eigenschaft embryonaler Zellen handelt, die aber im normalen Leben nicht zur Auslösung kommt, sondern erst auf einen weiteren Anstofs hin“. Ruhland untersuchte die abnormen Gewebegruppen, welche bei Entstehung des Gummikanals zu beobachten sind, und fand blasenartig vergröfserte Zellen mit zwei ausgebildeten Kernen, ohne dafs zwischen ihnen eine Zellwand gebildet worden wäre. Der Vorgang wird durch die umstehende Fig. 156 erläutert.

Also die Zellfäden, welche in eine Gummidruse hineinragen, kommen dadurch zustande, dafs „eine nicht kranke, an der Basis des Fadens liegende Zelle sich wiederholt teilt, die entstehenden Tochterzellen aber nur noch sich vergröfsern, ohne sich zu teilen.“ Es wird der normale Wandbildungsvorgang in den embryonalen Zellen gehemmt und die zur Querwandbildung bestimmten Kohlenhydrate in Gummisubstanzen übergeführt. Die Ursache dieser Änderung sei darin zu suchen, dafs durch eine Verwundung die embryonalen Gewebe dem Sauerstoff der Luft zugänglich gemacht werden; die eigentlich zur Querwandbildung bestimmten Kohlenhydrate (also Pektine) werden dann in das sauerstoffreichere Gummi übergehen. Grüss[4]) erklärt sich die

---

[1]) Beijerinck, M. W., und Rant, A., Wundreiz, Parasitismus und Gummiflufs bei den Amygdalaceen. Centralbl. f. Bakteriol. usw. 1905, XV, Nr. 12. — Rant, A., Die Gummosis der Amygdalaceen. Dissertation, Amsterdam 1906.

[2]) Ruhland, W., Zur Physiologie der Gummibildung bei den Amygdalaceen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1907, Bd. XXV, S. 302.

[3]) Besonders häufig kommt in nassen Jahren der Gummiflufs bei den Früchten der Pflaumen zum Vorschein. In der Regel sind es wasserklare Gummitröpfchen, die an dem Fruchtfleisch aus Wunden, die von Insekten herrühren, hervortreten. Manchmal kann man keine Insektenverletzung erkennen; es sind dann härter gebliebene, meist etwas abgeflachte Stellen, welche ein Gummitröpfchen tragen. Im Innern der Frucht erkennt man unter der Abflachung einen gröfseren Gummiherd. Bei Pflaumen sah ich auch Gummifikation des Steines an der Nahtfläche auftreten, so dafs bei geringem Druck die Hälften auseinanderfielen.

[4]) Grüss, Über Lösung u. Bildung d. aus Hemicellulose bestehenden Zellwände und ihre Beziehung zur Gummosis. Bibl. bot. Heft 39, Stuttgart 1896. Erwin Naegele.

Oxydation durch O-Überträger, welche sich bei dem Austreiben im Gewebe bilden. Schon früher nahm WIESNER[1]) ein Ferment an, das, gleich der Diastase, die Guajakemulsion bläut und durch Kochen zerstört wird. Bei der Behandlung mit Orcin und Salzsäure tritt nach kurzem Kochen eine rote oder violette Färbung auf, und es scheidet sich ein blauer Niederschlag aus. Im Anfangsstadium der Gummose sieht man nur die Inhalte der Parenchymzellen sich derart färben, woraus zu schliefsen ist, dafs das Ferment im Protoplasma seinen Sitz hat. Das Ferment ist im Gummi der Stein- und Kernobstbäume, in arabischen und anderen Gummiarten nachgewiesen worden. Dafs die Sauerstoffzufuhr ein unbedingtes Erfordernis zu sein scheint, zeigen RUHLAND's Versuche mit Sauerstoffabschlufs, wobei die Entstehung von Gummiherden unterblieb.

Nach unserer Anschauung ist die BEIJERINCK-RANTsche Theorie von der Nekrobiose unhaltbar, da Gummosis ohne vorheriges Vorhandensein toter Zellen in ganz jungen Zweigen und einjährigen Sämlingspflanzen an solchen Stellen zu finden ist, die, wie bei Fig. 155 *2p*, noch intakte

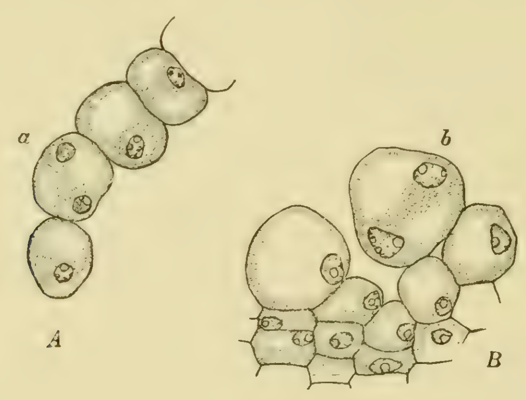


Fig. 156. Schnitte durch das gummibildende Gewebe (fixiert mit Chromessigsäure, gefärbt mit Safranin-Gentianaviolett-Orange-G.). (Nach RUHLAND.)
A ein konfervenartiger Zellfaden, *B* eine junge Gummilücke; bei *a* und *b* je eine zweikernige Zelle.

Zellennester darstellen. Also der Wundreiz kommt hier gar nicht ins Spiel. Wir glauben vielmehr, dafs alle embryonalen und ausgewachsenen Zellen zur Gummibildung befähigt sind, sobald gewisse Vorgänge der Zellwandbildung oder -ausbildung unterbleiben. Diese Verhinderung der normalen Zellwandausbildung kann sehr gut durch erhöhte Sauerstoffzufuhr veranlafst werden. Dieser Sauerstoff wird aber nur bei Verwundungen der atmosphärische Sauerstoff direkt sein können, aber wahrscheinlich nur selten tatsächlich sein, sondern durch sauerstoffübertragende Substanzen geliefert werden, wie GRÜSS erklärt. Derartige Substanzen sind bei dem normalen Austreiben der Bäume vorhanden. Es handelt sich bei dem Gummiflufs nur um eine abnorme Steigerung in der Menge oder der Wirkungsdauer derselben[2]). Diese Steigerung

[1]) WIESNER, Über ein Ferment, welches in der Pflanze die Umwandlung der Cellulose in Gummi und Schleim bewirkt. Bot. Zeit. 1885, Nr. 37.

[2]) Diese Substanzen sind in wechselnder Menge je nach Individuum, Standort, Jahreszeit usw. im Baume zu finden; daher erklärt sich der verschiedenartige Erfolg bei der Hervorrufung des Gummiflusses durch Verwundung. So sind bei-

kann durch den Wundreiz stattfinden, sie kann auch durch verschiedene Parasiten hervorgerufen und endlich durch anorganische Gifte erzeugt werden. In letzterer Beziehung erwähne ich meine Versuche über Einführung einer schwachen Oxalsäurelösung unter die Rinde ganz gesunder Kirschbäume. Es entstanden profuse Gummiergüsse im Laufe des Sommers, welche allmählich durch das Erlöschen der Oxalsäurewirkung aufhörten und sich z. B. nicht auf Wunden fortsetzten, die statt der Oxalsäure nur destilliertes Wasser zugeführt erhalten hatten.

Betreffs der Art und Weise, in welcher Gummifluſs sich entwickeln kann, legen wir die Anschauungen von Grüss (l. c.) zugrunde. Dieser Forscher kommt bei seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daſs die Hemicellulosen Mannan, Galactan und Araban direkt oder indirekt als Reservestoffe angelegt werden. Direkt geschieht dies in Form von verdickten Zellwänden im Endosperm der Samen (*Phoenix, Phytelephas*) oder in Form von sekundären Verdickungsschichten in Libriform- oder Holzparenchymzellen (*Astragalus*-, *Prunus*-, *Acacia*-Arten u. a.). Als indirekte Reservestoffe können sie gelten, wenn sie, wie im Endosperm der Gramineen, die Zellwände der stärkeführenden Zellen zusammensetzen. Die Hemicellulosen Galactan und Araban werden durch Enzyme in die Gummiarten Galactin und Arabin übergeführt und können, noch bevor sie in die Zuckerarten Galaktose und Arabinose umgewandelt sind, im Gewebe wandern.

Nun sind die gummibildenden Sauerstoffüberträger in der Form von Enzymen, die bei dem Austreiben der Knospen entstehen, tatsächlich nachgewiesen, und zwar sind dieselben noch vor der Diastase vorhanden. Die letztere wird dann die Hemicellulosen oder deren Gummis lösen, wie dies Grüss bei dem Tragant nachgewiesen hat.

Werden derartige Enzyme im Übermaſs erzeugt oder ihre Antikörper in zu geringem Maſse entwickelt, dann verhindern sie bei den embryonalen Zellen die normale Ausbildung der Zellwand oder beginnen bei den fertigen Zellen des ausgewachsenen Holzes den Schmelzungsprozeſs, so daſs pathologische Gummiherde zustande kommen.

Es ist gar nicht unwahrscheinlich, daſs Oxalsäureüberschuſs ähnlich der hydrolisierenden Schwefelsäure und anderen Mineralsäuren so wirkt, wie die natürlich gebildeten Fermente und dadurch Gummifluſs einleitet. Eine solche Steigerung der Oxalsäurewirkung kann entweder dadurch zustande kommen, daſs sie reichlicher gebildet oder spärlicher durch Kalk gebunden wird. So macht beispielsweise Mikosch[1]) darauf aufmerksam, daſs sich in den der Umbildung anheimfallenden Geweben fast gar keine Kalkoxalatkristalle vorfinden. Daſs der Gehalt an diesen Kristallen mit der Ernährung zusammenhängt, geht aus den Arbeiten von Benecke[2]) hervor, der bei seinen Kulturen fand, daſs Zufuhr von Nitraten die Kalkoxalatbildung befördert, Ernährung mit Ammon dieselbe verringert.

spielsweise nicht die jüngsten Zweigspitzen die gefährdetsten, sondern die Region, in der das Gewebe sich am meisten streckt, also die unterhalb der Gipfelregion. Betreffs des Einflusses der Baumseiten und Jahreszeiten fand ich durch allmonatlich ausgeführte Einschnitte, dafs die Zeit des späten Frühjahrs und die südlichen bis westlichen Baumseiten am förderlichsten für die Ausbildung der Gummose sind.

[1]) Mikosch, K., Untersuchungen über die Entstehung des Kirschgummi. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien; cit. Bot. Centralbl. 1907, XXVIII, Nr. 27.

[2]) Benecke, W., Über Oxalsäurebildung in grünen Pflanzen. Bot. Zeit. 1903, Bd. LXI; cit. Bot. Centralbl. (Lotsy) 1903, Nr. 27, S. 16.

Von den Parasiten, welche Gummiflufs erzeugen, ist in erster Linie das *Clasterosporium carpophilum* (Lév.) Aderh. (*Coryneum Beijerinckii* Oud.) zu nennen. Indes gehört selbst hier eine bestimmte Disposition des Organs dazu, wenn der Pilz wirksam sein soll: denn ADERHOLD [1]) fand bei seinen Impfversuchen an Blättern, dafs Pilzflecke ohne Gummibildung auftraten, wie auch umgekehrt Wunden mit reichlicher Gummibildung in der Mittelrippe des Blattes und im Cambium der Zweige zu finden waren, bei denen der Pilz fehlte. So verhalten sich auch die übrigen Parasiten: *Cytospora leucostoma; Monilia fructigena* und *cinerea, Botrytis cinerea* und mancherlei Bakterienarten [2]).

Bei einigen der genannten Parasiten ist es sehr wohl möglich, dafs Oxalsäure das von ihnen produzierte Gift ist, welches die Gummose veranlafst.

Bevor wir die Frage nach der Heilung des Gummiflusses berühren, ist es nötig, die Aufmerksamkeit auf die Bedingungen zu richten, unter denen die Krankheit auftritt. Am häufigsten findet man in der pomologischen Literatur die Ansicht DUHAMEL's bestätigt, dafs Kirschbäume, welche in eine zu kräftige Erde gepflanzt sind, am meisten der Krankheit unterworfen scheinen. Beweise finden wir namentlich bei Pfirsich und Kirsche, wenn man unter einer zu kräftigen Erde eine tonige verstehen will; auf lockerem, warmem Boden, der sehr reich sein kann, findet sich Gummiflufs seltener. Reichlich begegnen wir ferner der Gummibildung bei gröfseren, ungeschlossenen Astwunden. Ebenso sehen wir dieselbe namentlich bei jungen Pfirsichzweigen auftreten, deren Rinde durch Quetschung oder Reibung stärker verletzt worden ist.

Bei meinen Versuchen, bei denen von einer gröfseren Anzahl von Kirschbäumen im Frühjahr die sämtlichen Augen entfernt worden waren, trat mit sehr wenigen Ausnahmen Gummiflufs ein. Bei anderen Versuchen, bei welchen die Stämme auf eine gröfsere Länge geschält worden waren, erschien an denjenigen oberen Ringelschnittstellen, an denen sich keine Neubildungen in Form von Überwallungsrändern gebildet hatten, die Gummosis in der Rinde. Bekannt ist endlich, dafs starke Wurzel- oder Kronenbeschädigung bei dem Verpflanzen sowie auch schlechte Veredlung Veranlassung zur Gummibildung geben.

Alle diese Verwundungen wirken unserer Ansicht nach nicht durch Nekrobiose, sondern durch einfachen Wundreiz, der ein übermäfsiges Zuströmen von Baumaterial veranlafst, welches nicht normale Verwendung finden kann. Es stellt sich gleichsam eine Überstürzung in der Neubildung von Zellen ein, die sich in der Anlage parenchymatischer Elemente an Stelle prosenchymatischer Zellen kundgibt, wie bei allen sonstigen Wundheilungsvorgängen. Es wird also die Tätigkeit der Zellneubildung übermäfsig gefördert zu einer Zeit, in welcher bereits die aufbauenden Enzyme vorherrschen und die Wandverdickungen sowie das Ablagern von Reservestoffen übernehmen sollten. Dieses Vorherrschen der Enzyme des Jugendzustandes führt zur Verflüssigung der abwegig gebildeten Gewebegruppen. Eine solche Verschiebung der Enzymtätigkeit ist in ihrer Wirkung wie eine Welle aufzufassen, die sich im Baume so lange fortpflanzt, bis ihr durch eine andere Bildungsrichtung Halt geboten

[1]) ADERHOLD, R., Über *Clasterosporium carpophilum* (Lév.) Aderh. und die Beziehungen desselben zum Gummiflufs des Steinobstes. Arb. d. Biol. Abt. d. Kais. Gesundheitsamtes 1902, Bd. II, Heft V.

[2]) RUHLAND, W., Über Arabinbildung durch Bakterien und deren Beziehung zum Gummi der Amygdalaceen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1906, Heft 7.

wird. Nach den Erfahrungen der Praxis wird ihr ein solches Halt geboten durch alle diejenigen Faktoren, welche normale Holzreife und rechtzeitige Niederschlagung reicher Reservestoffmengen bedingen: lockerer Boden, sonniger freier Standort und Kalkzufuhr, Vermeidung überreicher Stickstoffdüngung.

Zur Behandlung der gummiflüssigen Wunden wird von mehreren Seiten die Anwendung von Weinessig warm empfohlen; mir fehlen darüber persönliche Erfahrungen.

Der Gummifluss bei anderen Gewächsen.

Gummiflufs der Akazien.

Dafs die Bildung des Akaziengummis auf ähnlichen Metamorphosen wie die des Kirschgummis beruht, bestätigt Möller[1]), der ganz allgemein ausspricht, dafs das Gummi der Akazien immer durch Umwandlung der Zellmembran, von aufsen nach innen fortschreitend, entsteht. Zunächst sind es die Membranen des Parenchyms und der Siebröhren, welche der Auflösung verfallen. (Die zusammengesunkenen Siebröhren bilden Wigand's Hornprosenchym). Möller beobachtete das Gummi stets als Rindenprodukt und fand, dafs dasselbe je nach der Zone, in welcher es entsteht, verschieden ist. Durch die Lösung der Innenrinde entsteht Arabisches Gummi, während eine dem Kirschgummi ähnliche, weniger lösliche Form in der Mittelrinde auftritt, was wohl von dem Alterszustande der metamorphosierten Gewebe abhängen möchte[2]).

Als eine der Ursachen, welche den Ausflufs von Senegalgummi aus *Acacia Verek* veranlassen, erwähnt Martins[3]) die Einwirkung trockener Wüstenwinde, welche im Herbst und Winter wehen und die durch die August- und Septemberregen gelockerte Rinde der Akazie zum Aufreifsen bringen. Andere Wundstellen, welche die Ergiefsung von Gummi zur Folge haben, werden durch einen Schmarotzer, den Martins als *Loranthus senegalensis* bezeichnet, veranlafst. Auch kryptogame Parasiten werden imstande sein, ein ständiges Offenhalten von Wunden zu veranlassen und damit einen Reiz zur Gummibildung auszuüben. Wie das *Coryneum Beijerinckii* bei den Amygdalaceen wirkt *Coryneum gummiparum* Oud., das Oudemans als Knospenform von *Pleospora gummipara* Oud. betrachtet.

Gummiflufs der Pomeranzen[4]).

Die italienischen Kulturen von Pomeranzen- (*Citrus vulgaris*), Zitronen- (*C. Limonum*) und Apfelsinenbäumen (*C. Aurantium*) leiden seit vielen Jahren an einer immer mehr an Ausdehnung gewinnenden Krankheit,

[1]) Möller, Über die Entstehung des Acacien-Gummi. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaften. Wien 1875, Juniheft.

[2]) Über das verschiedene Verhältnis von Cellulose und Gummi zueinander bei verschiedenen Schleimen vgl. Tollens und Kirchner, Untersuchungen über den Pflanzenschleim; cit. Biedermann's Centralbl. 1875, II, S. 28. — Betreffs der Bildung der als Galaktose bekannten Zuckerart, aus allen in Wasser löslichen Schleimen bei Behandlung mit verdünnter Säure s. Gireaud, tude comparative des gommes et des mucilages. Compt. rend. LXXX, S. 477. — Peter Claësson, Über Arabinose; cit. Jahresber. f. Agrikulturchemie 1881, S. 88.

[3]) Martins, Sur un mode particulier d'excrétion de la gomme arabique produite par l'Acacia Verek du Sénégal. Compt. rend. 1875, I, p. 607. — Kiliani, Über arabisches Gummi. Berl. chem. Ges.; cit. Jahresber. f. Agrikulturchemie 1882, S. 88.

[4]) Savastano, L., Note di patologia arborea. Napoli 1907. Die Arbeit enthält verschiedene Beiträge zur Gummose, die wir leider nicht mehr benutzen und nur bei der letzten Korrektur noch erwähnen können.

dem „*mal della gomma*“ der Italiener, welcher derartige Beschädigungen verursacht, dafs nach NOVELLIS[1]) das italienische Ministerium für Ackerbau und Handel vor Jahren eine Prämie von 25000 Lire für ein bewährtes Heilmittel ausgesetzt hatte.

Die Krankheit beginnt mit dem Auftreten schwarzer, schnell sich vergröfsernder Rindenfleckchen am Stamme und an den Ästen, namentlich an den Gabelenden. Nach einiger Zeit platzt die geschwärzte Rindenstelle, und aus der Wundfläche ergiefst sich eine gelblichweifse Flüssigkeit, die allmählich konsistenter und klebriger wird und schliefslich zu gelben Perlen oder einem glasurartigen Überzuge erstarrt. Das Holz unter der Rindenöffnung ist braun und im Zustande gummöser Auflösung. Wenn das Gummi auf andere Regionen des Baumes durch den Regen geschwemmt wird, soll es neue Krankheitsherde erzeugen. Ähnliche Behauptungen finden wir auch betreffs des Akaziengummis, und es ist gar nicht unmöglich, dafs solche Fälle vorkommen. Sie würden sich, wie bei der Mosaikkrankheit des Tabaks, in der Weise erklären lassen, dafs die abwegige Enzymkombination, die in der Gummibildung ihren Ausdruck findet, den Anstofs zu ähnlicher Umlagerung in disponierten gesunden Exemplaren gibt und sich wie eine Wellenbewegung weiter fortpflanzt.

Die Gummose wird für den Baum tödlich, wenn die Gummiherde einen gröfseren Teil des Stammumfanges einnehmen. Nach FLÜHLER[2]) leiden die Zitronen am meisten, die Pomeranzen am wenigsten. Stecklinge scheinen die Krankheitsanlage beizubehalten und ebenso veredelte Exemplare einen gröfseren Prozentsatz an Kranken zu geben als unveredelt gebliebene Sämlinge. Reichliche Düngung, starke Bewässerung, toniger Boden vermehren das Übel, das auch zunehmen soll, wenn Zwischenfrüchte, wie Kürbis, Bohne, Liebesapfel, Tabak u. dergl., welche starke Düngung verlangen, gebaut werden.

Nach dem mir bisher zugänglich gewesenen Material halte ich die Krankheit der Agrumen für genau dieselbe Erscheinung wie den Gummiflufs bei den Amygdalaceen. Als eine der augenblicklich häufigsten Ursachen, welche auch in Deutschland bei den Steinobstfrüchten in den Baumschulen eine grofse Rolle spielt, sehe ich die übermäfsige Zufuhr stickstoffreichen Düngers an.

Von den italienischen Autoren teilt namentlich PEGLION[3]) die hier geäufserte Ansicht. Er macht darauf aufmerksam, dafs der Unterbau von Pflanzen, die eine reiche Düngung bedürfen, schädlich sei. Stalldünger ist wenig geeignet für die Agrumen; die Früchte werden zwar grofs, aber bleiben dickschalig und sauer.

Die Dintenkrankheit der echten Kastanie.

Nach GIBELLI[4]) zeichnet sich die Krankheit durch das Auftreten welker, gelber Blätter und kleiner, zuckerärmerer Früchte aus. An jungen Bäumen vertrocknet die Stammbasis unter Braunfärbung der

[1]) NOVELLIS, ETTORE DE, Il male della gomma degli agrumi; cit. Bot. Centralblatt 1880, S. 469.

[2]) FLÜHLER, Die Krankheit der Agrumen in Sicilien. Biedermann's Centralbl. 1874, S. 368.

[3]) PEGLION, V., La concimazione e le malattie nella coltura degli agrumi. Boll. di Entomol. agrar. etc. 1901 in Bot. Jahresber. 1901, I, S. 479.

[4]) GIBELLI, La Malattia del Castagno; cit. Bot. Jahresber. 1879, II, S. 375. — GIBELLI ed G. ANTONIELLI, Sopra una nuova malattia dei Castagni, ibid. — CUGINI, Sopra una malattia che devasta i castagneti italiani, ibid.

Rinde, deren Gewebe bis stecknadelkopfgroſse Tanninkonkretionen aufweist. Die Analysen zeigen das Charakteristikum schlecht wachsender Pflanzen, nämlich groſsen Aschengehalt im Verhältnis zur Trockensubstanz; in der Asche erkennt man Mangel an Kali und Phosphorsäure und bedeutende Zunahme an Eisenoxyd.

Betreffs der kugeligen Abscheidungen, welche Tanninreaktion zeigen, scheint mir die Krankheit verwandt mit einer Form des *Mal nero* beim Weinstock (s. S. 219). Diese Form wird von COMES[1]) direkt als Gummosis angesprochen. Nach CUGINI[2]) zeigt sich die Krankheit, durch welche im Frühjahr die Entwicklung der Knospen ganz verhindert oder doch gestört wird, durch das Erscheinen schwarzer Streifen und Flecke an Zweigen, Blattstielen und Rippen, Ranken und Traubenstielen an. Die Flecke erstrecken sich auf das Innere der Organe, und zwar im Stamme sogar bis auf das Kernholz. Auſserdem charakterisiert sich die Krankheit durch das in den parenchymatischen Elementen des Achsenkörpers erfolgende Auftreten gelbbrauner Granulationen, die oft das ganze Zelllumen ausfüllen und weder aus eiweiſshaltiger Substanz noch aus Cellulose bestehen. CUGINI, der übrigens die Erscheinung doch für parasitär hält, konstatierte auch das Auftreten von Vergrünungen der Blüten und bringt diese Erscheinungen mit der Krankheit in Zusammenhang. Unter den Pathologen, welche Parasiten gefunden haben, herrscht aber wiederum Meinungsverschiedenheit. PRILLIEUX[3]) hält *Roesleria hypogaea* für die Ursache, während HARTIG[4]) diesen Pilz als Begleiterscheinung und einen anderen, *Dematophora necatrix*, für den eigentlichen Parasiten erklärt.

Spätere Untersuchungen, namentlich von PIROTTA[5]) ausgeführt, tun dar, daſs die angegebenen Körnchen in den Zellen die Gerbstoffreaktion zeigen und direkt aus den Stärkekörnern hervorgehen. Er fand sehr häufig, aber doch nicht immer, Rhizomorphen an den kranken Wurzeln; dennoch glaubt er diese Tatsache nicht zwingend genug, um die Krankheit als Pilzerkrankung ansprechen zu müssen. COMES zeigte, daſs die fraglichen Körner keine Gerbstoffanhäufungen darstellen, sondern aus einer anderen Grundsubstanz (Gummi) bestehen, die nur mit Tannin getränkt ist.

Die Gummose der Feigenbäume.

Die schon seit den Zeiten des Theophrast bekannte Krankheit des Feigenbaumes („Marciume del Fico“ der Italiener) hat durch SAVASTANO[6]) eine eingehende Bearbeitung erfahren und ist von diesem Beobachter als eine Gummosis erkannt worden.

---

[1]) COMES, Il Mal nero della vite. Portici 1882. — Primi risultati degli esperimenti fatti per la cura della Gommosi o Mal nero della vite. Portici 1882. — Sul preteso tannino scoperto nelle viti affette da Mal nero. Bot. Jahresber. 1882.

[2]) CUGINI, Ricerche sul Mal nero della Vite. Bot. Centralbl. 1881, Bd. VIII, S. 147. — Nuovo indagini sul Mal nero della Vite. Bologna 1882. — Il Mal nero della Vite. Firenze 1883.

[3]) PRILLIEUX, La pourridié des vignes de la Haute-Marne, produit par le Roesleria hypogaea. Paris 1882.

[4]) HARTIG, R., Rhizomorpha (Dematophora) necatrix. Der Wurzelpilz des Weinstocks. Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institute zu München. 1883, III, S. 95; cit. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 46 (Bd. XVI), S. 208.

[5]) PIROTTA, Primi studii sul Mal nero o Mal dello Spaceo nelle viti 1882; cit. Bot. Jahresber. 1882.

[6]) SAVASTANO, L., Il Marciume del Fico. Annuario della R. Scuola Sup. d'Agricult. Portici, Vol. III, fasc. V, 1884 con 4. tav. cromot. (nach brieflicher Mitteilung).

Am deutlichsten zeigt sich die Krankheit, der die alten Pflanzen mehr als die jungen ausgesetzt sind, in den Monaten Juli bis September, wo die Blätter gelb werden und abfallen, ebenso wie die Früchte. Obgleich man auf den welken und toten Blättern zahlreiche Pilze und auch Insekten findet (*Fumago salicina* Tul., *Uredo Ficus* Cast., *Phyllosticta sycophila* Thüm., *Sporodesmium*, *Coccus caricae* Fab.), so sind diese Parasiten doch nicht als die Ursache der Krankheit anzusehen. An den Stämmen und Ästen findet man meist keine Veränderung, wohl aber an der Wurzel, in welcher der Hauptsitz der Krankheit zu suchen ist. Im hochgradigen Stadium erscheinen die Wurzeläste bis an den Wurzelhals schwärzlich, teilweise aufgespalten oder schon geradezu verfault.

An den durch Sprossen erzogenen jungen Pflanzen bemerkt man, dafs der Sitz der Krankheit in den Wurzelzweigen der Mutterpflanzen zu finden ist, von wo aus die weitere Verbreitung allseitig, besonders aber in aufsteigender Richtung, stattfindet. Die meist erkrankte Schicht ist die äufserste; nur zuweilen ist das Innere hochgradiger zerstört. Hat die Zersetzung den Wurzelhals erreicht, geht die Pflanze unbedingt dem Tode entgegen.

Bei dem ersten Erscheinen der Krankheit findet man Zellen und Gefäfse mit einer Substanz erfüllt, welche anfangs zitronengelb und später dunkelbernsteingelb erscheint. Zuerst sind die Zellwände damit tapeziert und später das ganze Lumen ausgefüllt; mit der Zunahme dieser Füllmasse verschwindet die Stärke. Schon bei Sämlingen beobachtete Savastano die Entstehung von Gummiherden an der Übergangsstelle der jungen Würzelchen in die oberirdischen Achsen. Ähnliches sah ich bei Süfskirschen, welche äufserlich keine Spur von Erkrankung auffinden liefsen.

Auch an Stamm und Zweigen sah Savastano die Gummosis auftreten; in deren Gummi fand er eine Substanz, die ähnlich dem bei der Gummose des Ölbaumes auftretenden Olivile zu sein scheint. Die Gummose der oberirdischen Achse wird von den schon bei Sämlingen in den Wurzeln sich vorfindenden Gummidrusen abgeleitet. Erst nachdem die Pflanzen gummikrank geworden, liefs sich die Rhizomorpha, die von anderen Forschern für die Ursache der Erkrankung angesprochen wird, nachweisen. Unter Rotfärbung der Wandungen gehen die Parenchymzellen der Wurzeln einen Humifikationsprozefs ein, bei dem durch Verschwinden der organischen Substanz das spezifische Gewicht des Gewebes immer geringer wird.

Eine spätere Arbeit von Savastano [1]) gibt die Resultate vergleichender Untersuchungen gummoser Exemplare von *Amygdalus Persica* und *communis*, *Prunus Cerasus*, *domestica*, *insititia*, *Mahaleb* und *Armeniaca*, sowie von *Citrus Aurantium*, *Limonum*, *vulgaris* und *nobilis* und auch von *Olea europaea*. Die Ergebnisse zeigen, dafs die Gummose der genannten Pflanzen mit der von *Ficus Carica* viel Gemeinschaftliches hat. Bei allen erfolgt die Bildung der Gummiherde entweder infolge von Verwundungen oder ohne jede äufsere Veranlassung, Wenn die Wunde schnell und vollkommen überwallt wird, trocknet in der Regel das gebildete Gummi zu spröden Massen zusammen und bleibt für die Umgebung schadlos. Tritt dagegen Feuchtigkeit an die Wundstellen, dann wird das Gummi weich erhalten, leicht in die Umgebung der Wundfläche gebracht und auch diese der Gummose unterworfen.

[1]) Gommose caulinaire dans les Aurantiacées, Amygdalées, le Figuier, l'Olivier et noircissement du Noyer. Compt. rend. I, Decembre 1884. Separatabzug.

Der Mannafluss.

An Stelle des Gummi treten bei manchen Pflanzen zuckerhaltige, erhärtende, helle Massen aus der Rinde junger Stämme und Zweige, die als „Manna“ im Handel vorkommen. Das austretende Verflüssigungsprodukt enthält Mannit, der durch Ausziehen mit Weingeist in feinen, schwach süfsschmeckenden, weifsen, seideglänzenden Kristallen erhalten werden kann und auch künstlich sich aus einzelnen Zuckerarten darstellen läfst. Untersuchungen über Mannaflufs rühren bereits von Meyen [1]) her. Nach diesem Forscher werden die grofsen Mengen Manna, welche aus Italien kommen, künstlich einer Eschenart, der Manna-Esche entlockt, indem man gegen Ende Juli Einschnitte in die Rinde macht. Aus diesen Einschnitten fliefst allmählich das Manna als dicker, süfser, an der Luft erhärtender Saft aus.

Der Harzfluss.

Das, was der Gummiflufs bei Amygdalaceen und der Mannaflufs bei Oleaceen, ist der Harzflufs (Resinosis) bei den Koniferen. Derselbe tritt bald im Holzkörper auf, bald ergreift er Parenchym und Bastzellen der Rinde. Die ersten Zustände der Krankheit zeigen sich im Kienigwerden des Holzes; der ausgebildete Zustand besteht in Bildung grofser Mengen gleichmäfsiger Harzmassen in verschieden grofsen Hohlräumen der Achse, die gewöhnlich Harzbeulen genannt werden. Bekannt ist, dafs Harz normalerweise als Zellinhalt in Tropfenform oder, wie bei den Leimzotten mancher Gehölzknospen, in Gestalt von Zwischenlamellen der Zellwand oder endlich, wie bei unsern Kiefern und Fichten, in bestimmt verteilten, eigentümlichen Harzgängen vorkommt. In der Umgegend des Harzganges zeigt der Inhalt vieler Parenchymzellen Harztropfen und Stärkekörner, von denen nicht selten einzelne mit Harzüberzug versehen sind. Das Material zur Füllung der grofsen Harzbehälter mufs notwendig zunächst die Umgebung liefern. Ob dieses Material in Form von Harz wandert, wie N. J. C. Müller [2]) annimmt, oder in Form einer anderen Verbindung und sich dort erst zu Harz umbildet, wo es als solches aufgefunden wird, wie Hanstein [3]) anzunehmen geneigt ist, das fällt für unsere Betrachtung wenig ins Gewicht, da wir festzuhalten haben, dafs die Bildung gröfserer Harz- und Gummimassen nur möglich ist durch Umwandlung zuströmender, plastischer Nahrung zu den Orten, wo die Verflüssigung stattfindet, also positiver Säfteverlust ist. Dazu kommt für die Resinose wie bei der Gummose, dafs auch die geformte Pflanzensubstanz in Gestalt von Holz- und Rindengewebe und von Stärkekörnern der Verflüssigung verfällt, und dafs auf

---

[1]) Pflanzenpathologie S. 228.

[2]) Müller (Über die Verteilung der Harze usw. in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. 1866—67, S. 387 ff.) sagt, die grofsen Massen Harz in den Harzgängen können nicht anders hineingelangen als durch Wanderung durch viele Zellmembranen. Müller findet die Zellmembranen permeabel für die Harze. Längeres Liegen von dünnen Kienholzquerschnitten in Wasser macht, dafs alles Harz in der Zellwand durch Wasser ersetzt wird.

[3]) Hanstein (Über die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen. Bot. Zeit. 1868, Nr. 43 ff.) spricht über das Auftreten von Harz zuerst in den Fugen von Sekretionszellen als schmales Band zwischen Cuticula und Cellulosehaut. Dies sind unzweifelhaft gewichtige Gründe für die Annahme, „dafs auch das Harz, welches zuerst in Gestalt von Zwischenwandschichten auftritt, seine eigentliche Natur erst annimmt, nachdem es noch in anderer Gestalt die Zellwand durchsetzt hat und als Zwischenschicht abgelagert ist“.

diese Weise bedeutendes Material verloren geht. Nach den Untersuchungen von KARSTEN[1]) und WIGAND[2]) erscheint das Holz zunächst kienig, d. h. mit Harz und Balsam durchtränkt. Innerhalb der meisten Zellen dieses harzgetränkten Gewebes zeigt sich das Harz als Wandbekleidung oder in Tropfen zusammengeflossen, während andere Zellen schon vollständig mit dieser Masse angefüllt sind. In dem Maße, als der Harzreichtum im Innern der Zelle zunimmt, werden die ursprünglich dicken Wandungen der Zelle immer dünner, bis schließlich nur noch eine feine Umgrenzung übrig bleibt, die sich in die Harzmasse allmählich verliert.

Wie bei dem Gummifluß erscheinen auch hier die Markstrahlen länger widerstandsfähig, da man dieselben noch deutlich in die gleichartige, sie umgebende Harzmasse der aufgelösten Holzzellen hineinragen sieht; es fehlt zur vollkommenen Analogie beider Vorgänge nur der Nachweis, daß bei dem Harzfluß auch ein abnormes Holzparenchym gebildet werde, das unbedingt der Verharzung verfällt.

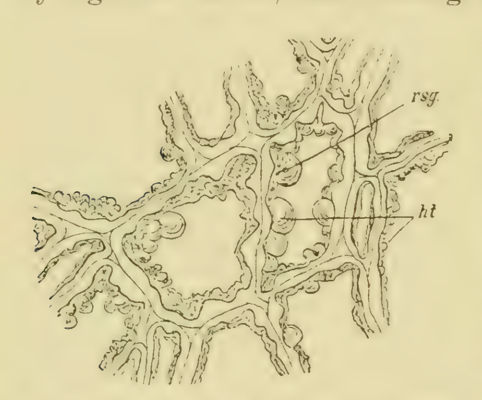


Fig. 157. Zellen des Tracheïdalparenchyms von *Pinus Strobus* mit der resinogenen Schicht *rsg*; *ht* Harztröpfchen. (Nach NOTTBERG.)

Daß, geradeso wie bei der Gummosis, die Stärkekörner bei der Resinosis der Verflüssigung erliegen, ist mehrfach beobachtet worden. Stärke liefert sicherlich einen großen Teil des Harzes bei dem Harzfluß. WIESNER (Sitzungsbericht d. Akad. d. Wissensch. zu Wien, Bd. 51) gibt z. B. an, daß im Innern der Markstrahlzellen der Laubbäume sich Harzkörper vorfinden, die den Bau des Stärkemehlkornes besitzen. Dieselben werden selten durch Jod allein blau, öfter durch Jod und Schwefelsäure. Mit Cuoxam zeigen sie die Zellstoffreaktion; gegen Eisenchlorid reagieren sie wie Gerbstoff. Daher schliesst WIESNER aus seinen Untersuchungen, daß eine große Menge des in der Natur vorkommenden Harzes aus Stärkekörnern oder aus in Gerbmehl sich umwandelnden Stärkekörnern besteht. Er hält den Gerbstoff für das Zwischenglied zwischen Cellulose und Harz.

Den Beweis, daß auch bei dem Harzfluß ein abnormes Parenchymholz gebildet wird, das der Verharzung und Schmelzung verfällt, finden wir in einer sehr eingehenden Studie von NOTTBERG[3]) über die Harzgallen. NOTTBERG weist nun nach, daß infolge irgendeiner Verwundung, die bis auf das Cambium geht, dieses mit der Produktion eines „Tracheïdalparenchyms" antwortet, das allmählich zu den normalen Tracheïden wieder übergeht. Die infolge der Verwundung mit der Außenwelt in Berührung kommenden Tracheïden des Splintes verstopfen ihre Lumina

[1]) KARSTEN, H., Über die Entstehung des Harzes, Wachses, Gummi und Schleims durch die assimilierende Tätigkeit der Zellmembranen. Bot. Z. 1857, S. 316.

[2]) WIGAND, Über die Desorganisation der Pflanzenzelle. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III, S. 165.

[3]) NOTTBERG, P., Experimental-Untersuchungen über die Entstehung von Harzgallen und verwandter Gebilde bei unseren Abietineen. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 1897, S. 131 ff. Hier auch weitere Literatur.

mit einer wundgummiähnlichen Masse, welche in Weingeist unlöslich ist, aber nach der Behandlung mit dem Schultzeschen Gemisch sich löst. Gleichzeitig tritt im Holzkörper meist Verkienung ein. Die einzelnen Zellen des pathologischen Parenchyms beginnen unmittelbar nach ihrer Entstehung im Innern Harz zu bilden (Harzzellen). Die Membranen der Zellen des Tracheïdalparenchyms verholzen sehr früh-

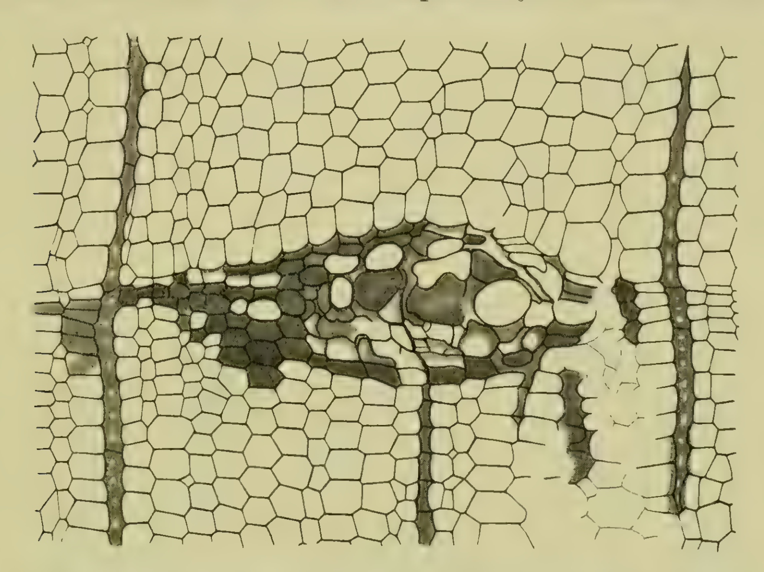


Fig. 158. Verkienungsprozefs, beginnend mit der Bildung eines lysigenen Harzganges im Holz. 205 : 1. (Nach Conwentz.)

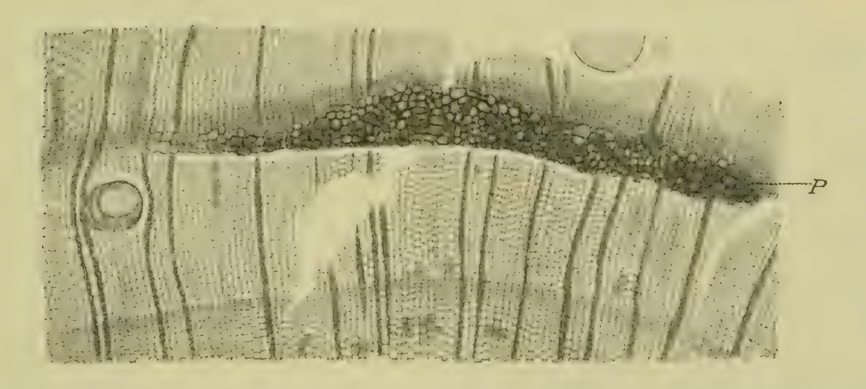


Fig. 159. Horizontalschliff. Im Sommerholz eines Jahresringes liegt eine Gruppe von abnormem Holzparenchym (*P*). 56 : 1. Die Lücken im Gewebe sind durch Herausfallen einzelner Teile beim Schleifen entstanden. (Nach Conwentz.)

zeitig; die unverdickten Elemente dagegen zeigen, solange sie erhalten bleiben, stets nur die Cellulosereaktion. In den Harzzellen erkennt man eine bestimmte Schicht, in welcher sich das Harz bildet (resinogene Schicht) (Fig. 157). Nottberg, dem wir die genannte Figur entnehmen, läfst es unbestimmt, ob diese resinogene Schicht ein „Bildungsprodukt der Membran oder des Plasmas ist“.

Die pathologische Harzbildung darf als der von jeher verbreitetste Verflüssigungsvorgang bezeichnet werden, den wir im Pflanzenreiche kennen, und der in der Tertiärzeit ebenso vorhanden war wie jetzt. Denn CONWENTZ gibt in seiner durch vortreffliche Abbildungen ausgezeichneten Monographie der baltischen Bernsteinbäume (*Pinus succinifera* Conw.) an: „Es gab kaum einen gesunden Baum im ganzen Bernsteinwald — das Pathologische war die Regel, das Normale die Ausnahme.“ [1]) Wir können die Vorgänge der Resinose gar nicht besser zur Darstellung bringen als durch die Kopien von Bernsteinschliffen, die CONWENTZ abgebildet hat (Fig. 158—161).

Wie in der Jetztzeit sehen wir den Verkienungsprozeſs in der Weise beginnen, daſs Verharzung und Schmelzung der Membranen und schlieſslich der ganzen Zelle samt Inhalt an einzelnen Gruppen zwischen zwei Markstrahlen sich einstellt (Fig. 158). Hier braucht noch kein anatomisch abweichendes Gewebe zu bestehen; aber in der Mehrzahl der Fälle ist solches vorhanden, und zwar in Form von

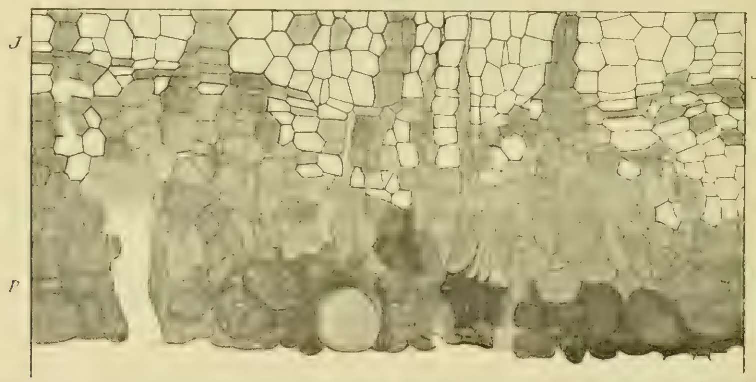


Fig. 160. Horizontalschliff mit abnormem Parenchymholz *P*, das in Succinose begriffen ist. Das abnorme Gewebe liegt im Sommerholz. *J* ist die Grenze des Jahresringes. 210 : 1. (Nach CONWENTZ.)

Parenchymholz, das in tangentialen Binden angelegt wird. CONWENTZ beschreibt diese Binden (Fig. 159) im Sommerholz. Ich habe sie bei unseren Hölzern bisher vorherrschend im Frühjahrsholz gefunden, so daſs der neue Jahresring sofort oder nach wenigen Zellreihen mit dem abnormen Holz begann. Die Entstehung dieser Binden führe ich auf vorübergehende Lockerung in der Rindenspannung zurück (s. Frosterscheinungen). Dieses abnorme parenchymatische Holz zeigt sich in vollständigster Verharzung in Fig. 160. Die entstandenen Harz- bzw. Bernsteinmassen können die Rinde gänzlich vom ältesten Holzzylinder abdrängen. Solche Rindenelemente fand CONWENTZ noch so gut erhalten, daſs er die Zellkerne nachweisen konnte (Fig. 161).

Bei der Verflüssigung des festen Tracheïdalparenchyms sah NOTTBERG die tertiäre Membran am längsten erhalten, wie dies bei der Ausbreitung der Gummiherde der Kirsche ebenfalls zu beobachten ist.

Je nachdem eine Wunde alsbald ausheilt oder ständig weiter um sich greift, unterscheidet NOTTBERG gutartige und bösartige Wunden. Bemerkenswert ist noch, daſs auch die Bäume, welche normalerweise

[1]) CONWENTZ, Monographie der baltischen Bernsteinbäume. Danzig 1890, S. 145.

gar keine Sekretbehälter im Holze führen (Edeltanne) nach Verwundungen reich an Harzgängen, namentlich in den Überwallungsrändern, sich erweisen. Diese Untersuchungen werden von v. Faber[1]) bestätigt, der noch hervorhebt, dafs die pathologischen Harzkanäle schizogen gebildet werden; sie anastomosieren in der Tangentialebene, bilden ein zusammenhängendes Netz und ragen mit ihren offenen Enden in die Wunde hinein. Oberhalb derselben sind die Harzkanäle zahlreicher und länger als unterhalb derselben.

Gegenüber den Angaben, dafs die Veranlassung zur Resinosis stets in Wunden zu suchen sei, mufs ich, wie bei der Gummosis, behaupten, dafs der Verflüssigungsprozefs auch autochthon, ohne Wundreiz entstehen kann. Ich beobachtete dies bei Sämlingspflanzen von Kiefern aus starkgedüngten Baumschulen; ebenso fand ich derartige Vorkommnisse bei älteren Pflanzen von *Pseudotsuga Douglasi*, *Abies Fraseri* und *Abies concolor*, welche Rindenauftreibungen zeigten, die sich als eine lysigene Erweiterung schizogener Harzgänge erwiesen. Die Bäume standen auf feuchtem, moorigem Boden, der in Intervallen von 2 bis 3 Jahren kräftig gedüngt wurde.

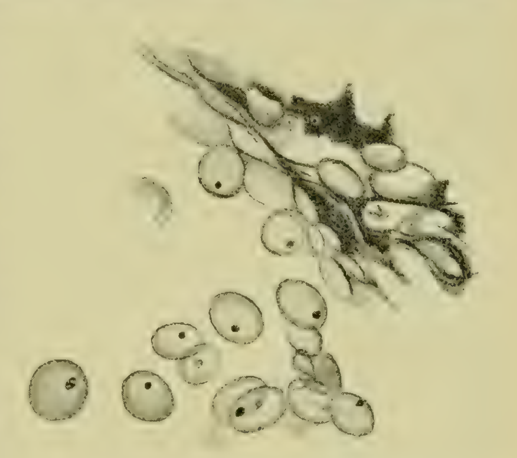


Fig. 161. Gruppe von Parenchymzellen der Aufsenrinde, welche durch Verharzung einer ringförmigen abnormen Holzparenchymzone vom zentralen Holzzylinder vollständig getrennt worden ist. In den Rindenzellen erkennt man noch die Zellkerne. (Nach Conwentz.)

Neuerdings habe ich die Resinose als Konstitutionskrankheit, also als Äufserung einer im gesamten Pflanzenkörper sich verbreitenden Neigung zur übermäfsigen Harzbildung auch an alten Bäumen zu beobachten Gelegenheit gehabt. Diese Allgemeinerkrankung habe ich als „chronische Resinose“ von der örtlich infolge von Wundreiz entstehenden und lokalisiert bleibenden, mit Austritt profuser Harzmassen verbundenen „akuten Resinose“ unterschieden[2]). Dementsprechend würde man in Zukunft auch eine chronische und akute Gummose auseinanderzuhalten haben, und bei letzterer könnte die empfohlene Wundbehandlung mit Essig auch Erfolg haben.

Harzbildung bei dicotylen Gewächsen.

Parallel mit den im vorigen Abschnitt geschilderten Vorgängen zeigt sich auch die Entstehung von Harzen und Gummiharzen bei den dikotylen Gewächsen. Svendsen[3]) fand, dafs die Gummiharze bei *Styrax*, *Liquidambar*, *Toluifera* u. a. pathologische Produkte sind, die infolge

[1]) v. Faber, E., Experimentaluntersuchungen über die Entstehung d. Harzflusses bei Abietineen. Dissertation, Bern 1901.

[2]) Landwirtschaftliche Jahrbücher 1908.

[3]) Svendsen, Carl Johan, Über den Harzflufs bei den Dicotylen, speziell bei *Styrax, Canarium, Shorea, Toluifera* und *Liquidambar.* Archif for Mathematik og Naturvidenskab. Kristiania 1905, Bd. XXVI, Nr. 13.

von Verwundungen entstehen. Nach jeder bis an das Cambium gehenden Verletzung bildet sich ein Wundholz, das sich durch seinen tracheïdalparenchymartigen Charakter auszeichnet und allmählich wieder in normales Holz übergeht. Die Vorgänge sind überall also dieselben, wie wir sie bei den Frostwunden beschrieben und abgebildet haben. Der Wundreiz macht sich im Altholz durch Verstopfung der Gefäfse mit Thyllen oder Bassorinverschlufs geltend. Das um die Wunde sich bildende zunächst parenchymatische Neuholz weist schizogen entstehende, lysigen sich erweiternde Harzkanäle auf; die Verharzung ergreift dann das Parenchymholz mit Ausnahme gröfserer Teile der Markstrahlen und setzt sich später auf die Rinde fort, wo sie, was hervorzuheben ist, innerhalb der Rindenstrahlen bemerkt wird. Wie bei den Nadelhölzern ist auch bei den Dikotylen die pathologische Harzbildung von der Anwesenheit normaler Harzkanäle vollständig unabhängig. Bei dem Peru- und Tolubalsam scheinen die Verhältnisse komplizierter zu sein.

Also, soweit wir die pathologische Harzbildung überschauen können, entspricht sie vollkommen der Gummose, und somit gelten für die Resinose dieselben Gesichtspunkte, die wir früher ausgesprochen: nicht der Wundreiz an sich ist das zur Verflüssigung der festen Gewebe anregende Prinzip, sondern enzymatische Wirkungen, die wir vorläufig nicht präzisieren können, die aber im Erfolg sich darin äufsern, dafs einzelne Gewebegruppen im jugendlichen Zustande verharren und durch Oxydation schmelzen. Diese Vorgänge können durch Wunden eingeleitet werden, aber auch selbständig durch abwegige Ernährung entstehen. Sie sind abhängig von einer gewissen Entwicklungsphase, namentlich der Zeit des Austreibens der Gehölze. Vorhandene Schmelzungsherde vermögen durch Übertragung ihrer Enzyme auf normales Dauergewebe sich zu vergröfsern.

Anhangsweise ziehen wir noch eine Anzahl von Erscheinungen hierher, die teils direkt zu gummosen Entartungen gehören, teils darum sich hier anschliefsen, weil wir sie als Folgen enzymatischer Gleichgewichtsstörungen auffassen.

Dem Gummiflufs analog ist das namentlich an Wundstellen eintretende Ausfliefsen durchsichtiger, gummöser Massen bei *Elaeagnus canadensis*, das Frank genauer beschrieben hat. Ich sah Gummibildung bei Palmen, Gurken, Kakteen, Hyazinthenzwiebeln[1]).

Enzymatische Abwegigkeit nehme ich an bei der Kernfäule und Schwarzringigkeit des Meerrettichs (s. Zeitschr. f. Pflkr. 1899, S. 132), dem Glasigwerden der Kakteen, Orchideen, Nelken usw. Es werden dadurch Schwächezustände geschaffen, welche die Pflanzen für parasitäre Angriffe empfänglich machen. Auf diesen Punkt hat Woods mit besonderer Schärfe hingewiesen: „J called special attention to the fact, that plants rich in oxidizing enzyms were more sensitive to unfavorable conditions of temperature, moisture, and especially to insect enemies than plants poor in these enzyms“ (l. c. S. 22).

[1]) Nach Comes ist die „Brusca der Oliven“ eine ausgesprochene Gummosis.

Vierter Abschnitt.

Einflufs schädlicher Gase und Flüssigkeiten.

Sechzehntes Kapitel.

Die Rauchgase.

Schweflige Säure.

Bei der beständig zunehmenden Ausbreitung gewerblicher Betriebe sind die Beschädigungen der Vegetation durch Rauchgase so zahlreich und vielseitig geworden, dafs das Studium derselben einen eignen Zweig der Pathologie zu bilden beginnt, an welchem Chemie und Botanik in gleicher Weise beteiligt sind. Es ist daher erklärlich, dafs dieser Wissenszweig Spezialwerke erfordert. Die umfassendste Bearbeitung hat der Gegenstand in einem Buche von Haselhoff und Lindau [1]) und später von Wieler [2]) gefunden; wir müssen bei der Fülle des Materials bezüglich der Rauchschäden auf diese Werke verweisen und können nur solche Punkte eingehender hier noch behandeln, welche in den genannten Werken nur geringere Berücksichtigung finden konnten.

Lange Zeit ist man im Unklaren gewesen, welcher der schädliche Bestandteil des Rauches sei, bis durch die Untersuchungen von Morren [3]), Stöckhardt [4]) und namentlich von v. Schröder [5]) der Feind in der Schwefligen Säure erkannt worden ist. Die metallischen Gifte, wie Arsen, Zink und Blei, die man früher vorzugsweise bei der Beschädigung durch den Rauch der Hüttenwerke im Auge gehabt hat, sind experimentell als minder schädlich für unsere Kulturpflanzen nachgewiesen worden, während die Schweflige Säure schon in sehr geringer Beimengung zur Luft den Tod der Versuchspflanzen herbeizuführen imstande ist. Wie gering eine solche Beimischung zur Luft zu sein braucht, geht aus den Beobachtungen von Morren [6]) hervor, der die charakteristischen Spuren der Zerstörung an den Blättern schon wahrnehmen konnte, wenn die Luft nur 1/50000 ihres Volumens an Schwefliger Säure enthielt. Schröder [7]) gibt an, dafs schon ein Millionstel sich schädlich erweist, sobald eine längere Einwirkung stattfindet. Und so geringe Bei mengungen enthält sicherlich mancher Rauch, der durch die Ver brennung schwefelhaltiger Steinkohle gebildet wird. Da aber Schwefe

---

[1]) Haselhoff, E., und Lindau, G., Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Berlin 1903, Gebr. Bornträger. 412 S. mit 27 Textabb.

[2]) Wieler, A., Untersuchungen über die Einwirkung schwefliger Säure auf die Pflanzen Berlin 1905, Gebr. Bornträger.

[3]) Récherches expérimentales pour déterminer l'influence de certains gaz industriels, spécialement du gaz acide sulfureux, sur la végétation. Extracted from the Report of the International Horticultural Exhibition etc. London 1866.

[4]) Untersuchungen über die schädliche Einwirkung des Hütten- u. Steinkohlenrauches auf das Wachstum der Pflanzen. Tharandter forstl. Jahrb. Bd. 21, Heft 3.

[5]) Die Einwirkung der schwefligen Säure auf die Pflanzen, in Landw. Versuchsstationen 1872.

[6]) a. a. O. S. 224.

[7]) Schröder, J. v., und Reuss, C., Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch usw. Berlin 1883, P. Parey.

in der Form von Schwefeleisen ein häufiger Bestandteil der Steinkohle ist, so ist anzunehmen, daſs wir, wie MORREN sagt, mit jedem Schornstein die Anlage zu einem Vergiftungsherd der Pflanzen errichten.

Nun darf man allerdings auch nicht zu weit in den Befürchtungen gehen. Die Experimente, welche zum Nachweis der Schädlichkeit so geringer Gasmengen angestellt worden sind, bestanden in der meist mehrstündigen Einwirkung des Gases in einem durch eine Glasglocke abgeschlossenen Raume.

Diesem Zustande entspricht im gewöhnlichen Leben nur etwa die Luftbeschaffenheit in unmittelbarer Nähe eines industriellen Etablissements, wie einer Hütte, eines Koksofens u. dgl. in geschlossenen Tälern, in denen der Rauch in groſsen Massen Tag und Nacht sich über die Vegetation lagert. In der Mehrzahl der Fälle dienen die Luftbewegung, namentlich der Wind und die Eigentümlichkeit der Schwefligen Säure, in Berührung mit Wasser zu Schwefelsäure zu oxydieren, als Schutzmittel gegen die extremsten Wirkungen des Giftes, gegen das baldige Absterben. Jedenfalls aber wird man guttun, in denjenigen Gegenden, wo mit Steinkohlen oder Torf[1]) gefeuert wird, bei der Anlage von viel Rauch produzierenden Etablissements solche Orte zu wählen, die möglichst entfernt von groſsen Kulturen, namentlich von Baumanlagen, sind.

Die gasförmigen Produkte, welche bei der Verbrennung einer schwefel*freien* Steinkohle erzeugt werden, sind für die Vegetation unschädlich[2]). Enthält dagegen die Kohle einen Teil Schwefel und entweicht die Schweflige Säure in die Luft, so wird dieses Gas von den Blattorganen der Nadel- und Laubhölzer aufgenommen; dabei wird es (nach v. SCHRÖDER) in diesen Organen gröſstenteils festgehalten und nur zu einem geringen Teile in den Holzkörper der Pflanze geleitet. Auch die von FREITAG[3]) in dieser Beziehung direkt angestellten Versuche deuten darauf hin, daſs wir die Blätter als die Hauptorgane zur Aufnahme des Giftes anzusehen haben. Nicht alle Blätter aber nehmen gleichviel von dem gebotenen Gifte auf, und in dieser Beziehung unterscheiden sich die Nadelhölzer merklich von den Laubhölzern. Erstere nehmen unter sonst gleichen äuſseren Verhältnissen mit der gleichgroſsen Blattfläche weniger Schweflige Säure auf als letztere; jedoch ist mit dem Nachweis einer gröſseren Menge aufgenommenen Gases noch nicht gesagt, daſs dadurch auch eine Pflanze mehr leidet. Die Widerstandsfähigkeit hängt vielmehr von der speziellen Organisation der Pflanze ab. In dieser Beziehung lag die Vermutung nahe, daſs der anatomische Bau, namentlich die Zahl der Spaltöffnungen, für die Empfänglichkeit einer Pflanze maſsgebend sein möchte; diese Vermutung, welche von MORREN wiederholt ausgesprochen worden, hat sich aber als irrig erwiesen, da SCHRÖDER gefunden hat, daſs die Schweflige Säure nicht nur durch die Spaltöffnungen, sondern gleichmäſsig von der ganzen Oberfläche des Blattes aufgenommen wird. Er sah von der spaltöffnungslosen Oberseite eines Blattes ebensoviel Gas

[1]) Nach STÖCKHARDT ist auch Braunkohlen- und Torfrauch schädlich, wenn dieses Feuerungsmaterial Schwefelkies enthält. Der Rauch der Kalköfen zeigt sich am mindesten nachteilig, weil der Kalk die gebildete Schweflige Säure zurückhält, ebenso wie bei Ziegelöfen der häufig vorhandene Magnesiagehalt des Tones durch Zurückhalten der Schwefligen Säure günstig wirkt. Chemischer Ackersmann 1872, Heft II, S. 111 u. f.

[2]) Nachgewiesen an Pflaumen- und Birnbäumen.

[3]) Mitteilung der landwirtsch. Akad. Poppelsdorf. Bd. II, 1869, S. 34; cit. bei Schröder a. a. O., S. 321.

aufnehmen als von der an Atmungsorganen reichen Unterseite; nur war die Wirkung des von letzterer Seite eingedrungenen Gases viel schneller und energischer. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung in dem Umstande, dafs die Schweflige Säure begierig vom Wasser absorbiert wird und sich in Berührung mit demselben leicht oxydiert; da nun durch die locker gebaute, an Spaltöffnungen reichere Unterseite die Wasserabgabe des Blattes an die Luft vorzugsweise erfolgt, so macht sich hier die Einwirkung des Giftes um so mehr geltend. Wird das Wasser in den Micellarinterstitien der Zellwände von der Säure in gröfserem Mafse gebunden, als ein Zuströmen erfolgen kann, dann werden die Zellwände wasserarm, werden endlich austrocknen und somit ihre Fähigkeit für die Wasserleitung verlieren.

Es werden dann nur noch diejenigen Zellpartien, welche direkt an dem schnellleitenden Gewebe der Gefäfsbündel liegen, stark wasserhaltig bleiben und ihre normale Färbung behalten, während der trockene Teil zwischen den Gefäfsbündeln (den Blattnerven) eine fahle, bräunliche Färbung annimmt. Diese Erscheinung einer hellgrünen Nervatur in der fahlen Blattmasse ist als ein Merkmal für die Erkennung einer Vergiftung des Blattes durch Schweflige Säure bezeichnet worden. Später ist von Hartig[1]) behauptet worden, dafs die Rotfärbung der Schliefszellen der Spaltöffnungen bei Nadelhölzern ein sicheres Merkmal für Säurebeschädigung sei. Diese Angabe aber hat alsbald seitens anderer Beobachter ihre Widerlegung gefunden. Wieler[2]) und Sorauer[3]) haben nachgewiesen, dafs ein langsames Absterben unter dem Einflufs des Lichtes bei Einwirkung sehr verschiedener Faktoren die Rotfärbung veranlafst. Unmittelbar im Zusammenhang mit diesem für das Auge erkennbaren Merkmal steht die durch Wägung von v. Schröder gefundene Tatsache einer verminderten Wasserverdunstung der vergifteten Blätter. Die Transpirationsgröfse läfst sich aber als Ausdruck der Produktion gebrauchen, und somit läfst sich schliefsen, dafs das Blatt weniger assimiliert. Die allgemeine Wirkung der Vergiftung auf den Pflanzenkörper wird also ähnlich der einer frühzeitigen Entlaubung sein, und zwar wird die Wirkung um so schneller eintreten, je gröfsere Mengen von Schwefliger Säure vorhanden sind, je trockner die Luft ist, je höher die Temperatur und je stärker die Beleuchtung ist, durch welche Faktoren das Blatt zu intensiverer Tätigkeit angeregt wird. Durch diese experimentell festgestellte Tatsache wird die Vermutung nahe gelegt, dafs der Hütten- und Steinkohlenrauch in der Nacht weniger schädlich als am Tage wirkt, und wir werden diese Vermutung später bestätigt finden.

Betreffs des Merkmals der grünbleibenden Nervatur bei vertrocknenden Mittelfeldern eines Blattes ist aber Vorsicht bei der Beurteilung geboten. Fast alle schädlichen Einflüsse des Luftmeeres äufsern sich in der Weise, dafs die von den wasserleitenden Nerven am weitesten entfernt liegenden Partien eines Blattes, also die Zwischenrippenfelder (Intercostalfelder), am ersten und stärksten leiden (Frost, Sonnenbrand usw.). Bei Einwirkung von Säuren im Rauch sind aber die

---

[1]) Hartig, Rob., Über die Einwirkung des Hütten- und Steinkohlenrauches auf die Gesundheit der Nadelholzbäume. München 1896, Rieger'sche Buchhandl.

[2]) Wieler, Über unsichtbare Rauchschäden bei Nadelbäumen. Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen 1897, Sept.

[3]) Sorauer, P., Über die Rotfärbung von Spaltöffnungen bei Picea. Notizbl. d. Bot. Gart. Berlin 1898, Nr. 16.

Grenzen zwischen totem und gesundem Gewebe meist scharf, bei Einfluſs der Witterungsfaktoren dagegen mehr verwaschen durch allmähliche Übergangsstadien.

Auch sind in ausgesprochenen Rauchbezirken die Schädigungsbilder verschieden, weil neben der Schwefligen Säure auch andere Säuren, wie Schwefelsäure, Salzsäure, Fluorwasserstoffsäure usw., zur Wirksamkeit gelangen können. Diese stark wasserlöslichen (hygrophilen) Säuren beschränken sich aber in ihrer Wirkung auf die nähere Umgebung der Erzeugungsherde, wo sie allerdings auch viel intensiver und auf das Gewebe schnell abtötend wirken, während die Schweflige Säure, die in gasförmiger Gestalt sich über weite Gebiete ausbreitet, langsam aber permanent von der Pflanze eingeatmet zu werden pflegt. Erstere, schnell und ätzend auftretende Wirkungen unterscheidet man als „akute“ von den langsam vergiftend sich geltend machenden Erscheinungen, die als „chronische Rauchschäden“ bezeichnet werden. Selbstverständlich müssen letztere sich schon im Innern einer Pflanze geltend machen, wenn äuſsere Merkmale noch nicht vorliegen. Der Chlorophyllapparat wird schon alteriert (was spektroskopisch von Wislicenus[1]), mikroskopisch von Sorauer nachgewiesen wurde), wenn auch die Pflanzen noch ganz normal aussehen, und man spricht dann von „unsichtbaren Rauchschäden“. Natürlich sind derartige Störungen auch am leichtesten zu beseitigen, und die Pflanze ist nachgewiesenermaſsen in der Lage, nach Fortfall schwächerer Raucheinwirkungen sich selbst auszuheilen[2]).

Solche Fälle werden auch im natürlichen Forstbetriebe vorkommen, wenn Situationsänderungen eintreten, welche eine Rauchschlange ablenken oder bis zur Unschädlichkeitsgrenze verdünnen. Wislicenus[3]), dem wir besonders eingehende, gewissenhafte Untersuchungen neuerdings verdanken, gibt die Unschädlichkeitsgrenze auf 0,0005 Volumprozente an.

Dieser Autor hebt auch hervor, daſs, abgesehen von der äuſserst verschiedenen individuellen Empfindlichkeit, das Entwicklungsstadium der Pflanze von ausschlaggebender Bedeutung ist. Die Zeit der Entfaltung der neuen Blätter und Nadeln ist die gefährlichste; hier leiden die Pflanzen am meisten, weil die Cuticulardecke der Epidermis noch nicht genügend ausgebildet ist. Der schon oben erwähnte, von v. Schröder und Hartig beobachtete schädlichkeitsfördernde Einfluſs des Lichtes ist experimentell von Wislicenus[4]) geprüft worden. Er fand, daſs sichtbare Beschädigungen bei jungen Fichten im Dunkeln und im Winter nicht auftraten, obgleich eine Steigerung des Schwefelgehaltes nachweisbar war. Ramann und Sorauer haben ebenfalls beobachtet (s. a. a. O.), daſs die Menge des nachweisbaren Schwefels in einem Organ nicht ausschlaggebend für den Grad der Schädigung ist, und Graf zu Leiningen[5]) macht auf einen Faktor aufmerksam, der bei

---

[1]) Wislicenus, Resistenz der Fichte gegen saure Rauchgase bei ruhender und tätiger Assimilation. Tharandter Forstl. Jahrbücher 1898, Sept.

[2]) Sorauer, P., u. Ramann, E., Sogenannte unsichtbare Rauchbeschädigungen. Bot. Centralbl. 1899, Bd. LXXX. — s. auch Brizi in Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1904, S. 160.

[3]) Wislicenus, H., Maſsnahmen gegen die Ausbreitung von Hüttenrauchschäden im Walde. Referat 5 der Sektion VIII d. internat. landw. Kongresses in Wien 1907.

[4]) Tharandter Forstl. Jahrbücher 1898, S. 152.

[5]) Graf zu Leiningen, W., Licht- und Schattenblätter der Buche. Naturwiss. Z. f. Land- u. Forstw. III. Jahrg., Heft 5.

der Probeentnahme behufs Begutachtung von Säureschäden von ausschlaggebender Wichtigkeit ist, nämlich auf den ganz verschiedenen Gehalt an Schwefel und Chlor bei Schattenblättern gegenüber den Sonnenblättern. Bei Buche fand er auf je 1 qm Blattsubstanz

	bei Lichtblättern	bei Schattenblättern
an SO^3	0,2730 g	0,3004 g
Cl	0,0190 g	0,0347 g

Also je ungenügender die Produktion an organischer Substanz, desto höher wird relativ der Gehalt an Schwefelsäure und Chlor. Gleichsinnig verhalten sich die Angaben von WISLICENUS. „Geringe Bodenbonitäten, d. h. physikalisch und chemisch minderwertige Bodenbeschaffenheit, für die Pflanzengattung spezifisch ungeeigneter Boden, vor allem aber ungenügender, übermäfsiger oder abnorm wechselnder Wassergehalt des Bodens, schaffen eine Prädisposition für Raucherkrankung, darunter am meisten der Wassermangel."

Dafs der Habitus des Waldes durch Entnadelung und Absterben der Zweige ein anderer wird, ja dafs auch in Laubwäldern sich das Aussehen dadurch ändert, dafs die Stämme fast gänzlich frei von Flechten werden [LINDAU[1])] und bei den Buchen die Stammrinde einen eigenartigen grauen Farbenton annimmt, sei nur nebenbei erwähnt. Direkt auf die Änderung der Bodenbeschaffenheit weisen die Angaben von v. SCHRÖDER und REUSS hin, dafs eine Anhäufung unzersetzter Nadeln unter den chronisch beschädigten Fichten stattfindet und, soweit die Traufe des Baumes geht, auch eine gänzliche Entblöfsung von jeder lebenden Vegetation bemerkbar ist. Dieser Umstand deutet auf „Bodenvergiftung". Bewiesen wird dies durch das REUSS'sche Experiment, bei welchem Boden aus einer Rauchgegend in eine rauchfreie Zone übergeführt und bestellt worden war. Nach drei Jahren betrug der Verlust an ein- und zweijährigen Sämlingen von Esche 100 %, Ahorn 92 %, Buche 72 %, Fichte und Kiefer 8 %, Eiche 0 %.

WIELER[2]) hat nun speziell die Frage der Bodenvergiftung in die Hand genommen und nachgewiesen, dafs sich in Rauchgegenden mit anhaltender Rauchüberflutung unter Umständen noch Schweflige Säure in 30 cm Tiefe nachweisen liefs, diese also noch nicht in Schwefelsäure übergegangen war. Letztere wird auch nur so lange unschädlich sein, als sie an Basen gebunden werden kann. Wenn aber diese Basen zur Neutralisation verbraucht sind und durch Regen ausgewaschen werden, findet die vorhandene Humussäure kein Bindemittel mehr. Tatsächlich zeigten alle von WIELER untersuchten Bodenproben aus Rauchschadengebieten grofse Mengen von Humussäure. Es fehlte diesen Böden also an Kalk, um die entstehende Humussäure zu binden. Es mufsten aber auch die anderen Basen, mit denen die Humussäure lösliche Verbindungen eingeht (Magnesium und Eisen), aus dem Boden verschwunden sein. Damit verschlechtert sich naturgemäfs das Absorptionsvermögen des Bodens für andere mineralische Nährstoffe; dies bezieht sich auch auf die mit Humussäure lösliche Verbindungen eingehenden Alkalien, welche gleichfalls in den Untergrund wandern. Der Kalkmangel erschwert die Zersetzung der Humusstoffe, und der in ihnen eingeschlossene

---

1) a. a. O. S. 120.

2) WIELER, Neuere Untersuchungen usw. S. 314.

Stickstoff bleibt dem Pflanzenbestande unzugänglich, zumal die Bakterienflora in dem sauren Boden gering ist. Die freie Schweflige Säure und die Schwefelsäure werden auch auf tierische Organismen, wie z. B. die Regenwürmer, schädlich einwirken können. Durch alle diese Faktoren wird der Rauchboden ausgemagert bzw. vergiftet werden.

Der geringeren Wasserkapazität des durch Schwefelsäure (oder auch durch Salzsäure) vergifteten und ausgemagerten Bodens schreibt nun Wieler das Absterben der Bestände und überhaupt die chronischen Beschädigungen zu. Er geht sicherlich darin viel zu weit; denn alle Versuche lehren, dafs der direkte Rauchangriff die Hauptursache des Absterbens der oberirdischen Organe bildet; auch ergeben die vergleichenden chemischen Analysen von Laub und dem dasselbe produzierenden Boden durchaus nicht immer eine Verarmung an Basen, sondern bisweilen sogar ein starkes Anwachsen von Kalk und Magnesia[1]). Aber immerhin bleibt diese Seite der Wirkung der sauren Rauchgase höchst beachtenswert, und die Aufmerksamkeit der praktischen Kreise ist auf eine periodisch sich wiederholende Kalkdüngung zu lenken.

Betreffs des Einflusses der Luftströmungen und ihrer Beschaffenheit, namentlich ihres Wassergehaltes, sowie betreffs des Nachweises der Säuren in der Luft und der Mafsnahmen zur Abschwächung der Rauchschäden müssen wir auf die Spezialwerke verweisen. Erwähnen möchten wir nur, dafs Ost[2]) eine einfache Methode zur Bestimmung des Gehaltes der Luft an Schwefelsäure eingeführt hat. Es werden nämlich kleine Zeuglappen mit Ätzbaryt getränkt und getrocknet; sodann werden sie an den Untersuchungsorten in exponierter Lage aufgehängt und nach einer bestimmten Zeit auf ihren Schwefelsäuregehalt untersucht. Auch die reine Gebirgsluft zeigte bei dieser Methode als normale Beimengung noch einen gewissen Gehalt an Schwefelsäure, der in der Nähe von Dörfern sofort bedeutend anstieg. Eine Zusammenstellung der Forderungen des Forstmannes zum Schutze des Waldes gegen Rauchbeschädigungen finden wir neuerdings in einem Vortrage des Oberforstrats Reuss[3]). Derselbe weist darauf hin, dafs es notwendig sei, da, wo viele Fabriken beisammen liegen, Schadenersatzgenossenschaften zu errichten.

Nicht aufser acht zu lassen ist, dafs bei den Schadenersatzforderungen nicht selten der Einwand seitens der schädigenden Hütten und Fabriken gemacht wird, dafs Insektenfrafs die Hauptursache abgäbe. In dieser Beziehung macht Gerlach[4]) darauf aufmerksam, dafs die rauchkranken Fichtenbestände von den Harzrüsselkäfern bevorzugt werden. Nicht nur *Pissodes Herciniae* und *scabricollis*, sondern auch andere Insekten, wie *Grapholitha pactolana* und *Chermes* zeigen in rauchbeschädigten Forsten ein verheerendes Anwachsen.

---

[1]) Die landwirtschaftliche Versuchsstation in Münster i. W. Denkschrift von J. König. Münster 1896, S. 191 ff.

[2]) Ost, H., Die Verbreitung der Schwefelsäure in der Atmosphäre. Die chem. Industrie 1900; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1901, S. 248.

[3]) Reuss, Karl, Mafsnahmen gegen die Ausbreitung von Hüttenrauchschäden im Walde. Internat. Landw. Kongrefs zu Wien 1907, Sektion 8, Ref. 5.

[4]) Gerlach, Beobachtungen und Erfahrungen über charakteristische Beweismittel bzw. Merkmale von Rauchschäden. Österr. Forst- u. Jagdzeitung; cit. Bot. Centralbl. 1907, Nr. 40, S. 360.

Salzsäure, Chlor.

Die Steinkohlen enthalten neben dem Schwefel auch Chlor in Form von Chlornatrium[1]; der Chlorgehalt schwankt zwischen 0,1 bis 2,0 %. LEADBETTER fand in der Steinkohle 0,009 bis 0,028 % an Chlor[2]; dasselbe war aber in der Asche nicht mehr nachweisbar, mufste also mit den flüchtigen Substanzen ausgetrieben worden sein; MEINECKE hat nun auch in den Hochofengasen das Chlor direkt nachgewiesen[3]), und SMITH[4]) macht auf den Chlorgehalt von Regenwasser in Gegenden aufmerksam, wo Steinkohle in Menge gebrannt wird. Nach diesen Angaben müssen wir also nicht einen einzigen schädlichen Faktor im Steinkohlenrauche, sondern mehrere in verschiedener Kombination annehmen. Die Verschiedenartigkeit wird auf der Zusammensetzung der Steinkohle einerseits und auf ihrer Verwendung im technischen Betriebe andererseits beruhen.

Bei dem schnellen Übergange von Chlor in Salzsäure in Gegenwart von Feuchtigkeit und Licht müssen beide Faktoren gemeinsam abgehandelt werden. Über die durch fortgesetzte Einwirkung von Salzsäure im Boden möglicherweise entstehende Verarmung ist bereits bei der Schwefligen Säure gesprochen worden. Von der Wirkung direkter Lösungen von Chloralkalien wird bei Gelegenheit von Kochsalz noch die Rede sein. Das Verhalten der Pflanzen ist je nach Spezies, Jahreszeit, Standort und individueller Entwicklung verschieden. Im allgemeinen erfolgt Ausbleichen und Vertrocknen der Blattränder oder auch der Intercostalfelder, wobei Chlordämpfe schneller wirken als salzsaure Gase. Gegenüber der Schwefligen Säure herrschen aber hier die trocknen Blattränder (Saumlinien) vor. Bei den von RAMANN und SORAUER (s. Schweflige Säure) ausgeführten Versuchen wurde beobachtet, dafs die mit Wasser besprengten Fichten durchschnittlich weniger Chlor absorbierten als die nicht benetzten Pflanzen.

Die bisherigen Arbeiten über die anatomischen Veränderungen haben zu widersprechenden Resultaten geführt. So beobachtete LINDAU (a. a. O. S. 244) bei *Abies* bei den Spaltöffnungen und deren Nachbarschaft nur eine Alteration, während KINDERMANN[5]) die Untersuchungen von LEITGEB und von MOLISCH bestätigt, dafs gerade die Schliefszellen die gröfste Widerstandskraft gegen alle schädlichen Einflüsse (darunter auch Salzsäure) besitzen, was wahrscheinlich auf einer besonderen Konstitution des Plasmas beruhe.

Bei der Unsicherheit der bisherigen Resultate gebe ich hier kurz die Ergebnisse eigner Studien[6]) am Getreide und bei der Fichte wieder. Zunächst wurde der grofse allgemeine Produktionsrückgang, welchen die Pflanzen durch die Salzsäuredämpfe erleiden und der sich in den Gröfsenverhältnissen und der Kornausbildung kennzeichnet, in Bestätigung der Untersuchungen von WIELER und HARTLEB[7]) sehr aus-

[1]) HASENCLEVER, Über die Beschädigung der Vegetation durch saure Gase. 1879 S. 9. Berlin, Springer.

[2]) Chemical News 1860, No. 46

[3]) Dingler's Journal 1875, S. 217.

[4]) Bericht über die Entwicklung der chem. Industrie von A. W. HOFMANN, 1875.

[5]) KINDERMANN, V., Über die auffallende Widerstandskraft der Schliefszellen gegen schädliche Einflüsse; cit. JUST, Bot. Jahresber. 1902, II, S. 653.

[6]) SORAUER, P., Beitrag zur anatomischen Analyse rauchbeschädigter Pflanzen. Landwirtsch. Jahrbücher 1904, S. 587.

[7]) WIELER, A., und HARTLEB, R., Über Einwirkung der Salzsäure auf die Assimilation der Pflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1900, S. 348.

geprägt gefunden. Eine solche Wirkung kann eintreten, ohne daſs auffällige äuſsere Merkmale die Wachstumsstörung anzeigen. In der Regel aber ist dieselbe von einer Entfärbung mit nachfolgender Ballung der Chloroplasten begleitet. Es folgt dann eine Zusammenziehung des Primordialschlauches und Schrumpfung der Chlorophyllkörner. Je nach Stärke und Dauer der Salzsäuregaswirkung hat das so geschädigte Blatt bisweilen noch die Möglichkeit eines normalen Auslebens; meist aber stirbt es teilweise oder gänzlich vorzeitig ab. Im letzteren Falle umfaſst das Absterben vorzugsweise diejenigen Blattteile, die vermöge ihrer Lage und ihrer geringeren Mesophyll- und Gefäſsbündelentwicklung eine schwierigere und geringere Wasserzufuhr haben, und dies sind die Spitzen und Ränder der Blätter. Daher die trocknen, verfärbten Blattspitzen beim Getreide und die schmalen trocknen Saumlinien zu beiden Seiten des noch grün verbleibenden unteren Teiles der Blattfläche. Als Folge des schnellen Todes zeigt sich dann in diesen abgestorbenen Teilen ein verhältnismäſsig bedeutender Bestand an Zellinhalt. Das Zusammentrocknen unter Festhaltung der Luft im Gewebe erfolgt unter Schrumpfung der Zellen, jedoch so, daſs die Wände einer jeden Zelle einander nicht berühren. Der natürliche Vertrocknungsprozeſs dagegen, der erst nach vollständiger Verarmung des Zellinhaltes eintritt, charakterisiert sich durch ein gänzliches Zusammenfallen der Mesophyllzellen, wobei die Oberwand auf die Unterwand sinkt und das ganze ehemals grüne Blattfleisch einen matt-strohgelben, dichten Gewebestreifen aus wellig verbogenen, schichtenweise aufeinanderliegenden Wandungen darstellt. Das Zusammensinken der Zellen erstreckt sich bei den Getreidearten mit Ausnahme der Gerste während des natürlichen Vertrocknungsprozesses fast nur auf das Mesophyll, während die Epidermiszellen nahezu in ihrer natürlichen Höhe verbleiben. Bei der — schon von den Praktikern als „weich“ bezeichneten — Gerste sinken allerdings auch die Epidermiszellen bei dem natürlichen Tode zusammen, wobei aber einzelne der weitesten Oberhautzellen nach auſsen hin eine Falte bilden. Dieselbe erscheint bei einem Querschnitt durch das tote Blatt als kegelförmige Erhebung, die einem Haar gleicht und dem ganzen Querschnitt das Aussehen eines dünnen, knotigen und stacheligen Stranges verleiht.

Bei der Wichtigkeit der Unterscheidung eines Blattes, das natürlichen Todes gestorben, von einem durch saure Gase vorzeitig zugrunde gegangenen Organe geben wir nebenstehend die Abbildung eines säurebeschädigten und eines normal gestorbenen Blattes. Fig. 162, *1* ist der Querschnitt durch eine unter dem Einfluſs von Salzsäure bzw. Chlordämpfen abtrocknende Randpartie eines Haferblattes. Man sieht, das Gewebe schrumpft namentlich in der Zwischenrippenregion (Intercostalfelder) scharf zusammen, ohne daſs das Mesophyll Zeit gehabt hätte, sich zu entleeren. Der Zellinhalt erscheint schmutziggrün bis braungrün und mannigfach geballt. Die Membranen der Bastbeläge an der Blattkante (*B*) und unterhalb der Gefäſsbündel (*b*) sind, wie die der Epidermis, rotgelb bis braungelb gefärbt, und die Epidermiszellen stellenweise (*s*) derart zusammengetrocknet, daſs die Oberwand die Unterwand berührt. Fig. 162, *2* ist eine vergröſserte noch den reichlichen Zellinhalt zeigende Zellgruppe aus Fig. 162, *1*.

Fig. 162, *3* stellt den Querschnitt durch ein normal vertrocknetes Haferblatt aus rauchfreier Gegend dar. Das Blatt erscheint im Quer-

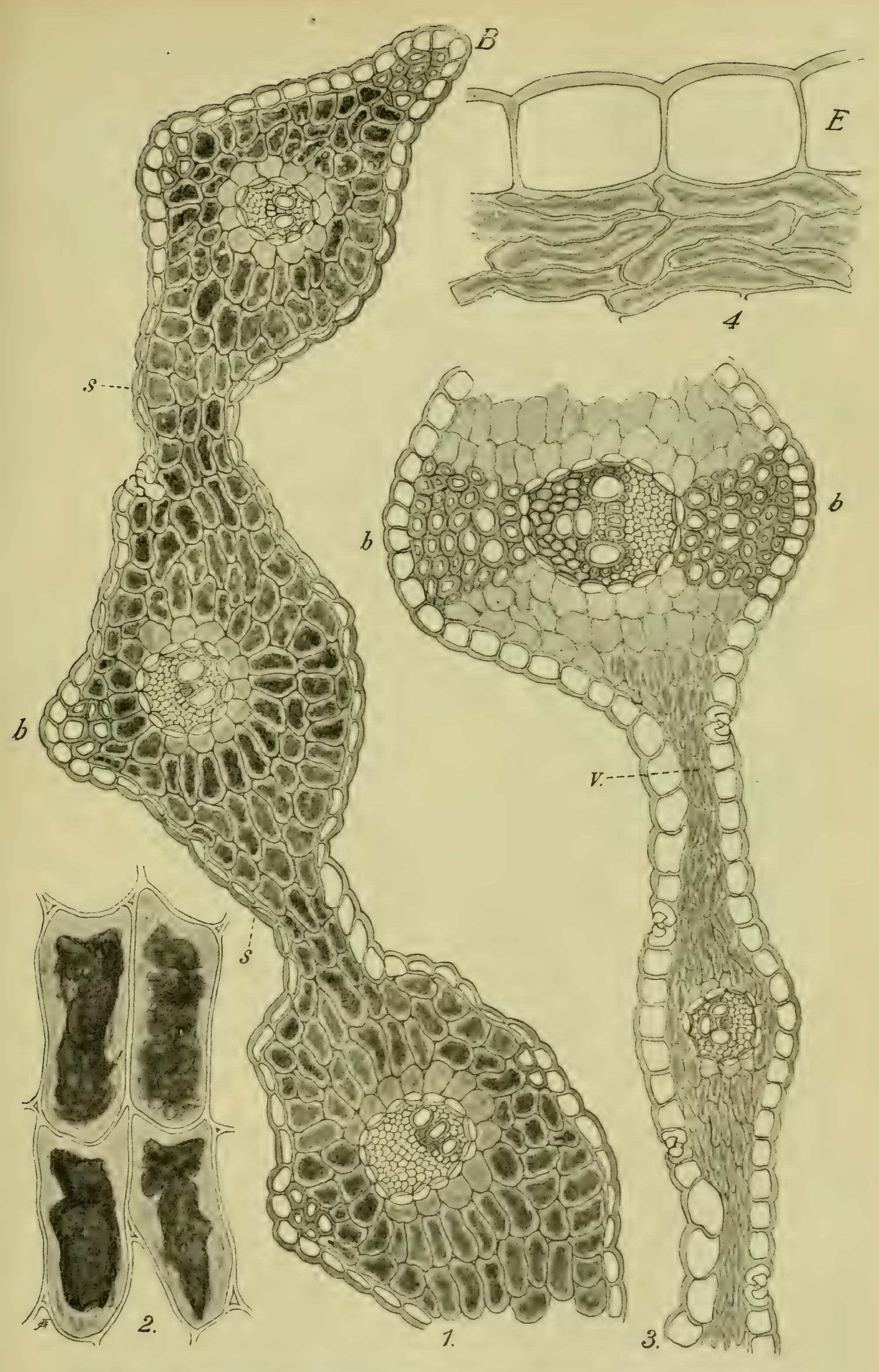


Fig. 162. Unterschied zwischen einem durch Salzsäure- bzw. Chlordämpfe abtrocknenden und einem natürlichen Todes gestorbenen Haferblatte. (Orig.)

schnitt strangartig dünn, weil das Mesophyll (*V*) nahezu g a n z e n t l e e r t ist und die Zellwände aufeinander gesunken sind. Nur um die stärkeren Gefäſsbündel herum vermag das Blatt nicht derartig zu schrumpfen, weil die starken Bastbeläge als Steifen dienen und als Knoten in der Strangform stehen bleiben. Trotz der scharfen Vertrocknung des Blattes bleibt die Epidermis in ihrer natürlichen Höhe und wird höchstens



Fig. 163. Durch Schweflige Säure angegriffene Blätter einer Rotbuche. (Nach SCHRÖDER und REUSS.)

m a t t q u i t t e n g e l b gefärbt, wie die Baststränge, wodurch sie sich von der säurebeschädigten ebenfalls unterscheidet. Fig. 162, *4* ist eine vergröſserte Zellgruppe aus Fig. 162, *3*. *E* bezeichnet die Epidermis, darunter die zusammengefallenen Mesophyllzellen, bei denen durch Einlegen des Schnittes in Wasser die spärlichen plasmatischen Inhaltsreste kenntlich gemacht worden sind. Auch von einem bei dauernd nassem Wetter langsam ausreifenden Haferblatt unterscheidet sich das säurebeschädigte

in der Farbe, da ersteres in den Wandungen seiner Bastbeläge und Epidermiszellen eine citronengelbe Farbe annimmt. Die Intensität der Verfärbung hängt mit dem Reichtum an Gerbstoffen zusammen. Bei der Beobachtung der Farbenunterschiede mufs man schnell vorgehen, da der Farbstoff in Wasser löslich ist.

Was hier vom Getreide beschrieben worden ist, läfst sich nicht ohne weiteres auf andere Pflanzen übertragen. Nur das ist als all-



Fig. 164. Birkenblätter durch Schweflige Säure beschädigt. (Nach v. SCHRÖDER u. REUSS.)

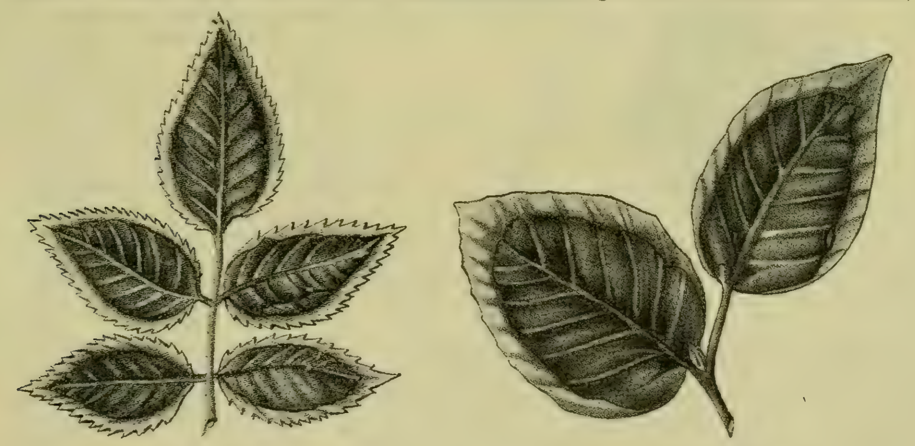


Fig. 165. Rosenblatt und Fig. 166. Buchenblätter durch Salzsäure- bzw. Chlordämpfe beschädigt. (Nach v. SCHRÖDER und REUSS.)

gemeines Vorkommnis zu betrachten, dafs bei allen plötzlichen Todesarten reichlich Inhalt in den Zellen erhalten bleibt, während derselbe bei dem natürlichen Ausleben des Blattes gröfstenteils veratmet wird.

Um die habituellen Unterschiede in der Angriffsweise von Dämpfen der Schwefligen und der Salzsäure hervorzuheben, geben wir hier die Kopien beschädigter Blätter aus dem mehrfach citierten Werke von v. SCHRÖDER und REUSS.

In Fig. 163 sehen wir das durch SO^2 angegriffene Blatt einer Rotbuche aus der Nähe einer Silberhütte. Fig. 164 ist ein von SO^2 geschädigtes Birkenblatt aus der Nähe einer Kupferhammerhütte. Das gemeinsame Merkmal besteht in mehr oder weniger scharf umschriebenen gebräunten Flecken in den Intercostalfeldern. Die Flecke sind meist mit einem Rande umgeben, der bald dunkler, bald heller braun sein kann. Bei manchen Gehölzen (z. B. der Rotbuche) findet man auch noch häufig um die Randzone einen durchscheinenden gelblich-grünen Saum von erkranktem aber noch nicht abgestorbenem Gewebe.

Fig. 165, 166 und 167 sind Blätter einer Rose, einer Buche und einer Birke, die künstlich durch Salzsäure beschädigt worden sind; sie zeigen die dürren Saumlinien, die man meist nach Einwirkung reiner Salzsäuredämpfe beobachten kann. Indessen ist zu betonen, dafs man bei der Rauchexpertise aus solchen Habitusbildern keine sicheren Schlüsse ziehen darf, weil einerseits je nach dem individuellen Standort und Entwicklung des Baumes die Beschädigungsformen wechseln und weil andererseits auch andere Faktoren ähnliche Beschädigungen hervorzubringen vermögen.



Fig. 167. Durch Salzsäure bzw. Chlordämpfe beschädigte Birkenblätter. (Nach v. Schröder u. Reuss.)

Flufssäure (Fluorwasserstoffsäure).

Viel mehr als man früher vermutet, hat sich die durch den Betrieb von Superphosphat-, Glas- und chemischen Fabriken erzeugte Flufssäure als Feind der Vegetation entpuppt. Durch sie ist der anfangs rätselhafte Befund geklärt worden, dafs Rauch aus Ziegeleien und Tonwarenfabriken manchmal hochgradig schädlich, in anderen Fällen unschädlich sich erweist. Dies hängt eben von dem Vorhandensein und der Menge der Fluorverbindungen ab, welche in den Tonen und Rohphosphaten vorhanden sind. Nach Ost äufserte sich die Wirkung in dem Auftreten kleiner, brauner Ätzflecke, welche bei manchen Pflanzen mit einer gelblichen Zone umgeben waren. Von anderen Forschern ausgeführte Räucherungen liefsen bei der Eiche schmale, gelbbraune, scharf abgegrenzte Randverfärbungen erkennen; ähnliche Randzeichnung zeigte ein Spitzahorn, dessen Blattfläche später aber ebenfalls sich bräunte. Lindau [1]) beschreibt den anatomischen Befund bei der Eiche. Er fand die beiden Epidermisschichten intakt und den Inhalt der Mesophyllzellen leicht gebräunt; die einzelnen Chloroplasten sind noch erkennbar, „aber der übrige Inhalt hat ein öliges Aussehen erhalten“.

[1]) a. a. O. S. 250.

Über den am meisten in Betracht kommenden Waldbaum, die Fichte, finden wir die Notiz, dafs dieselbe bereits einen Tag nach der künstlichen Räucherung einzelne Triebe mit weifslich-grauer Verfärbung zeigte, die sogar welkten. Nach einer zweiten Räucherung wurden die Bäumchen ins Freie gestellt, und nun ging der anfangs weifsliche, gelblich-graue Farbenton durch alle Abstufungen von Gelb und Gelbrot in „das charakteristische Rot der Säurebeschädigung über“.

So wie die Fichten sah man in der Nähe einer Phosphoritfabrik, die durch Aufschliefsen des Fluorcalcium enthaltenden Phosphorites mit Schwefelsäure Flufssäuredämpfe entwickelte, auch Kiefern, Lärchen und Akazien sich verfärben [1]). MAYRHOFER [2]) konnte einen auffallend hohen Fluorgehalt der Nadeln und Blätter noch auf 500—600 m Entfernung von der Fabrik nachweisen. Auf das Getreide kann die Wirkung einer solchen Exhalation geradezu vernichtend sein. So beobachtete RHODE [3]), dafs Roggen auf einzelnen Parzellen gar keine oder nur verkümmerte Körner entwickelt hatte.

Meine eigenen Untersuchungen erstrecken sich nur auf Spiritusmaterial von abgestorbenen Fichtennadeln, das ich von Herrn Professor RAMANN erhalten hatte, und bestätigen der Hauptsache nach die Übereinstimmung des Befundes mit den bei Schwefliger Säure erhaltenen Bildern. Nur fand ich bei den Fluorwasserstoffnadeln noch eine Gewebefaltung, die auf einem Schrumpfen der Zellmembranen beruhte. Man mufs daraus schliefsen, dafs das bei Schwefliger Säure so schnell eintretende Austrocknen der Nadeln hier erst erfolgt, nachdem die direkte Säurewirkung bereits eine Gestaltveränderung der Gewebe hervorgerufen hat. Auch war der Inhalt den Wandungen nicht fest angetrocknet, wie bei Wirkung der Schwefligen Säure und konnte deshalb nicht zur Steifung der Wandungen beitragen.

Stickstoffsäuren.

Über den Einflufs von Salpetersäure (bzw. Untersalpetersäure) haben wir nur eine Notiz von KÖNIG [4]) gefunden. Er sah bei 5 g Stickstoffsäuren (auf Untersalpetersäure berechnet) auf 100 000 l Luft oder 0,05 g Untersalpetersäure in 1 cbm Luft bei Bäumen Merkmale auftreten, die denen glichen, welche bei Schwefliger Säure und Salzsäure sich einstellen. Die gewöhnliche Luft enthält nur 0,00003 g Salpetersäure im Kubikmeter.

Ammoniak.

Weit über den gewöhnlichen Gehalt der Luft hinausgehend, der höchstens zu 0,056 mg pro Kubikmeter anzunehmen ist, erweist sich das Ammoniak und kohlensaure Ammoniak als wachstumsfördernd. Nur bei Fabrikbetrieben (Ammoniak-Soda-Verfahren u. dgl.) kommen so grofse Mengen ins Freie, dafs Schäden entstehen, obgleich die Pflanzen sich im allgemeinen sehr widerstandsfähig erweisen. Die

---

[1]) Allgem. Forst- u. Jagdzeitung 1891, S. 220.

[2]) MAYRHOFER, J., Über Pflanzenbeschädigung, veranlafst durch den Betrieb einer Superphosphatfabrik. Freie Vereinigung d. Bayr. Vertreter für angewandte Chemie. Bd. X, S. 127.

[3]) RHODE, A., Schädigung von Roggenfeldern durch die einer Superphosphatfabrik entströmenden Gase. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1895, S. 135.

[4]) KÖNIG, Denkschrift 1896, S. 202.

Empfindlichkeit der einzelnen Arten schwankt ungemein, aber die Art der Beschädigung zeigt groſse Übereinstimmung, nämlich vorzugsweise eine fleckenartig oder flächenförmig auftretende Schwarzfärbung.

Die Versuche von Börner, Haselhoff und König[1]) ergaben bei der Eiche das Auftreten dunkler Flecke oder vollständige Schwarzfärbung der Blätter. Bei der Kirsche ist anfangs Braunfärbung und später Schwärzung beobachtet worden. Die Gerste zeigte nach kurzer Zeit der Einwirkung an der der Sonne zugewendeten Seite Blätter und Halme weiſs gefärbt, Roggen und Weizen bekamen rostfarbige Flecke und Ränder.

Zu den in der Literatur bereits bekannten Fällen füge ich hier einige eigne Beobachtungen. Bei Gerste sah ich die Blattspitzen weiſs werden. Bei jungen Kastanienblättern wurden zuerst die Intercostalfelder dunkel, am nächsten Tage schwarz und später dürr. Ähnlich verhielten sich die Laubblätter von *Azalea indica* bei einzelnen rotblühenden Sorten, während eine danebenstehende weiſsblühende Varietät nur Bräunung der Blattspitzen und -ränder erkennen lieſs. Die Blume der roten Varietät zeigte auf dem Saume der äuſseren Zipfel weiſse, nahezu kreisrunde oder keilförmige, eine natürliche Panachierung nachahmende Flecke, während die weiſse Varietät innerhalb derselben Zeit die Blumenkrone mit Ausnahme vereinzelter kleiner brauner Tupfen unverändert lieſs. Eine Nachwirkung nach Entfernung der Pflanzen aus der Ammoniakatmosphäre wurde nicht wahrgenommen, wohl aber eine Gegenreaktion bei dem Blütenkörbchen einer Cinerarie; die roten, durch das Ammoniak blau gewordenen Randblumen erschienen einige Zeit nach Verlassen der Ammoniakatmosphäre wieder rot gefärbt.

Über den Einfluſs des Entwicklungszustandes auf die Stärke der Beschädigung liefert die Fichte ein Beispiel, deren alte Nadeln eine pechschwarze Färbung annahmen und dauernd behielten, während bei den jungen, weichen Nadeln der anfangs schmutziggrüne Farbenton später in ein fahles Rotgelb überging. Äuſserst scharf kam bei einem Versuche die individuelle Widerstandskraft der einzelnen Nadeln zur Geltung, da man an allen Zweigen zwischen den pechbraunen Nadeln auch solche beobachten konnte, die keine Verfärbung oder höchstens ein dunkleres Grün zeigten. Die schwarze Färbung rührte hauptsächlich von dem pechbraunen Farbenton her, den das Protoplasma der Epidermis- und Mesophyllzellen angenommen hatte. Die Membranen waren nur leicht gebräunt. In den intensivst geschädigten Zellen war der Inhalt eine zusammenhängende, körnig-teigige Masse geworden, die sich bisweilen von der Wandung zurückgezogen hatte. Der Inhalt der Schlieſszellen der Spaltöffnungen war ebenfalls pechbraun, niemals rot, wie bei Säurebeschädigungen. An den Übergangsstellen zwischen gesund gebliebenem und geschwärztem Gewebe bemerkte man, daſs die protoplasmatische Einbettungsmasse für die Chloroplasten sich bereits schwärzte, während diese selbst in Gestalt und Lagerung noch unverändert erschienen. Erst später fand man den grünen Farbstoff in das Plasma übergetreten und schmutzig braungrün geworden. Dann

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893, S. 100. — Lindau (a. a. O. S. 286) beschreibt die Wirkung des Ammoniakgases bei starker Konzentration auf die Pflanzenzelle: Im Innern des Blattes zeigen die Zellen meist sehr starke Plasmolyse; die Inhaltsstoffe werden undeutlich, und bisweilen werden Öltropfen ausgeschieden. Dabei wird ein brauner bis schwarzer Farbstoff abgesondert, der den ganzen kontrahierten Inhalt gleichmäſsig tingiert. Derselbe erweist sich später als Gerbstoff.

verschmolz auch die Grundsubstanz der Chloroplasten mit dem übrigen Zellinhalt anscheinend unter Zurücklassung körniger Reste.

Das Ammoniak dürfte eine spezifische Giftwirkung auf den Zellinhalt ausüben und nicht nur die Säure binden, wie anderweitig angenommen worden ist. Kny[1]) hat schon darauf aufmerksam gemacht, dafs nach den in der Literatur vorliegenden Angaben das Protoplasma in den verschiedensten Pflanzenteilen alkalische Reaktion besitzt, ohne dafs die Chloroplasten beeinflufst werden. Derselbe Autor zeigte auch, dafs sehr verdünnte Ammoniaklösung eine Schädigung der Assimilationstätigkeit hervorruft.

Auf welche Weise manchmal Ammoniakvergiftung zustande kommt, zeigte mir ein Fall, wo die Mauer eines Pferdestalles als Rückwand für ein Gewächshaus benutzt worden war. Als im Herbst das Heizen begann, entwickelte sich aus dem Mauerwerk kohlensaures Ammoniak, das binnen kurzer Zeit die Blätter von *Aucuba*, *Viburnum Tinus*, *Prunus Laurocerasus*, von Dracaenen und anderen Pflanzen schwärzte; nur die nächste Umgebung der Nervatur der Blätter blieb noch grün.

Teer- und Asphaltdämpfe.

Die Erfahrungen über die Schädlichkeit von Teer- und Asphaltdämpfen haben sich erst in neuerer Zeit geklärt, seitdem das Beobachtungsmaterial reichlicher geworden ist. Abgesehen von den Einwirkungen, die das Asphaltieren der Strafsen bisweilen an empfindlichen Pflanzen hervorrufen kann, sind die Fabriken, welche Kohlenstifte für die elektrische Beleuchtung anfertigen, als wesentliche Ursache von Erkrankungen zu betrachten.

Als Leitpflanzen für Beschädigungen durch Asphaltdämpfe[2]) sind die gerbsäurereichen Rosen, Erdbeerblätter, wilder Wein und Kastanien zu bezeichnen. Bei den Rosen leiden die einzelnen Arten in sehr verschiedenem Grade, indem beispielsweise Tee- und Bengalrosen weniger, Remontantrosen und deren Hybriden aber meistenteils sehr stark angegriffen werden. Die Oberhaut wird stellenweise oder über die ganze Blattfläche stumpf schwarz. Wenn nicht die ganze Oberfläche verfärbt ist (Fig. 168, *1 a*), pflegen die geschwärzten Stellen als unterbrochene oder zusammenhängende Bänder zwischen den stärkeren Seitennerven, also in den Intercostalfeldern, aufzutreten. Wenn die Kelchblätter von den Dämpfen getroffen worden sind, kommen die Blütenknospen nur zu mangelhafter Entfaltung. Bald nach Eintritt der Schwärzung findet man den Inhalt der oberseitigen Epidermiszellen tief gebräunt, körnig-klumpig und meist einer Horizontalwand angelagert. Die Cuticula ist nicht gebräunt und anscheinend unverändert. Bei stärkerer Erkrankung ist die Epidermis der Unterseite in gleicher Weise ergriffen und sinkt später zusammen; dagegen wird das Mesophyll nur wenig irritiert. Die Dämpfe ätzen nur an den Organen die exponierte Fläche, alle gedeckten Teile (Fig. 168, *1 b*) bleiben unverfärbt. Wird die Mittelpartie eines Blattes beschädigt, heben sich die Ränder kahnförmig nach oben.

Beiläufig ist darauf aufmerksam zu machen, dafs manche Rosen (z. B. *Rosa turbinata*) im Spätherbst eine ähnliche Verfärbung annehmen. Bei

[1]) Bot. Centralbl. 1898, Bd. LXXIII, S. 430.

[2]) Sorauer, P., Die Beschädigungen der Vegetation durch Asphaltdämpfe. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1897, S. 10.



Fig. 168. Wilder Wein, Erdbeere und Rose durch Teerdämpfe beschädigt. (Orig.)

der genannten Rose beispielsweise fand ich, dafs die noch festsitzenden älteren Blätter ohne vorhergehende Rotfärbung stumpf schwarzfleckig wurden, was auf einer Ballung und Bräunung des Inhalts der Epidermiszellen beruhte. Letztere aber blieben dabei in ihrer natürlichen Turgescenz und Höhe, während sie nach der Wirkung von Asphaltdämpfen zusammenzusinken beginnen. Hier hält sich auch der Inhalt des Mesophylls lange Zeit in normaler Beschaffenheit und Lagerung, während er bei der Herbstfärbung alsbald sich ballt und zu gleichartigen, anfangs grünen, später sich bräunenden Massen umgewandelt wird. Parasitäre Schwarzfärbungen (*Asteroma radiosum* usw.) wird das Mikroskop leicht von Asphaltätzungen unterscheiden können.

Vor Beginn meiner Untersuchungen hatten bereits ALTEN und JÄNNICKE[1]) die Schwarzfärbung von Rosen und Erdbeeren infolge der Einwirkung von Asphaltdämpfen beschrieben. Sie betrachten das in diesen Dämpfen nachgewiesene Eisen als eigentlichen Schädigungsfaktor, indem dasselbe sich mit der Gerbsäure der Zellen verbindet, und stützen diese Ansicht durch Versuche, bei welchen sie durch Bespritzen der Blätter mit Eisenchlorür und Eisensulphat schwarze Flecke, die mit den Asphaltbeschädigungen übereinstimmten, erhalten haben. Eisenchlorid ergab diese Wirkung nicht.

Ich habe diesen Erfolg nicht erzielen können, und auch diejenigen Beobachter, welche als Mittel gegen Chlorose und Icterus das Bespritzen mit Eisenlösungen angewandt haben, berichten nichts von einer Schwärzung.

Bei dem in Fig. 168, *2* abgebildeten Blatte der Erdbeere (Kulturform von *Fragaria chilensis*) zeigt sich bei *g* eine nur teilweise Schwärzung der Oberseite, weil nur dieser Teil des Blattes freigelegen hat. Sonst waren die Erscheinungen wie bei den Rosen: Hebung der Blattränder, teilweises Dürrwerden der Blattzähne usw.

In Fig. 168, *3* sehen wir ein Blatt von *Ampelopsis quinquefolia* einige Wochen nach der Wirkung von Teerdämpfen, welche einer Fabrik von Kohlenstiften für elektrische Lampen entströmt waren. Die minder erkrankten Blätter erwiesen sich noch grün, aber nicht mehr flach ausgebreitet, sondern an den Rändern muldenförmig in die Höhe gezogen und innerhalb der Spreite runzelig durch Hervortreten einzelner Gewebepartien zwischen den feineren Nervenverzweigungen. Bisweilen fanden sich in der Nähe der Mittelrippe kleine Stellen mit korkfarbiger Oberfläche. Bei intensiverer Beschädigung sind derartige Stellen stets vorhanden und gehen teilweise in dürrwerdende, miteinander verfliefsende Brandflecke über. Schliefslich kann jedes Blatt ganz regelmäfsige Zeichnungen durch das Dürrwerden der Intercostalfelder erhalten (Fig. 168, *3 s*). Durch die gegenseitige Reibung der Blätter bröckeln die dürren Stellen vielfach heraus, so dafs eine gitterartige Durchbrechung zustande kommt (Fig. 168, *3 l*).

Junge Zweige werden an der Angriffsseite korkig und feinrissig. Etwaige Luftwurzeln schrumpfen.

Wenn die Wirkung der Asphaltdämpfe aufhört, zeigen sich die Heilungsbestrebungen des Blattes. Falls das Palisadenparenchym nicht oder nur wenig angegriffen worden ist, streckt es sich etwas und wölbt die bis zur Unkenntlichkeit zusammengesunkene Epidermis

[1]) ALTEN, H., und JÄNNICKE, W., Eine Schädigung von Rosenblättern durch Asphaltdämpfe. Ref. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1891, S. 156, und 1892, S. 33.

ein wenig vor. Wenn aber die Palisadenschicht mit abgestorben ist, entwickelt das darunter liegende gesunde Mesophyll eine ganz reguläre Tafelkorklage. An den Stengeln ist derselbe Vorgang zu bemerken: die gebräunten, abgestorbenen, abgesprengten äufseren Korklagen und Rindenparenchymschichten samt den bisweilen in die Nekrose einbezogenen Hartbastbündeln werden durch ein breites, in extremen Fällen bis an das Cambium reichendes Korkband vom gesunden Gewebe abgetrennt.

Bei *Vitis vinifera*, der schneller und stärker wie *Ampelopsis* leidet, so dafs die Blätter bisweilen gänzlich verkräuselt und durchlöchert werden können, wurde beobachtet, dafs an den leicht angegriffenen Stellen die Schliefszellen der Spaltöffnungen zuerst gelitten hatten. Andere Pflanzen zeigten ein anderes Verhalten, betreffs dessen auf meine Originalarbeit verwiesen werden mufs. Als allgemeines Merkmal aber darf die Corrosion der Epidermiszellen bezeichnet werden.

Wie bei allen Beschädigungen durch gasförmige Körper wirkt ausschlaggebend der Umstand, ob chronische oder akute Beschädigung eintritt. Im ersteren Falle, bei langsamer Einwirkung, kann das angegriffene Organ durch Gegenreaktion sich lange am Leben erhalten und langsam ausleben. Dann sind die Merkmale andere als bei dem Einflufs hochkonzentrierter Gaswellen, die ein schnelles Absterben zur Folge haben. So wurde beispielsweise bei langsamem Absterben der Fichtennadeln in dem noch grünen Teile eine starke Rotfärbung des plasmatischen Inhalts der Schliefszellen und später sogar der Wandungen derselben wahrgenommen, bei akuter Beschädigung aber nicht. Im ersteren Falle verfärben sich auch die Wände der Gefäfsbündelelemente, wie überhaupt durch Asphaltdämpfe die Zellwände besonders schnell leiden. Man sieht dies namentlich schön an den metallisch glänzend werdenden älteren Tannennadeln.

Brom.

Bei dem gewöhnlichen gewerblichen Betriebe, in welchem Brom entwickelt wird, kann man schwerlich von reinen Bromschäden sprechen, weil in der Regel die Schweflige Säure beteiligt ist. In gröfserer Entfernung der Fabriken kann man wohl das Brom noch durch den Geruch wahrnehmen, aber man findet dann überhaupt keine ausgeprägten Säureschäden mehr. Es mag deshalb hier von der Beschreibung natürlicher Vorkommnisse in der Nähe von Bromfabriken abgesehen und das Verhalten der Pflanzen nach künstlicher Einwirkung intensiver Bromdämpfe geschildert werden. Die Versuche wurden in der Weise von mir ausgeführt, dafs kleine, gutdurchwurzelte Topfbäumchen der Fichte vier Tage hindurch täglich mehrere Stunden dem verdampfenden Brom ausgesetzt wurden und in der Zwischenzeit im Freien verblieben. Die der Bromquelle zunächst befindlichen Zweige litten natürlich am meisten und waren vollkommen braunnadelig. Bei den weniger geschädigten Zweigen fanden sich viele Nadeln von der Spitze herab teilweise gebräunt, und an den der Bromquelle fernst stehenden Zweigen sah man nur einzelne Nadeln mitten zwischen gesunden braun werden. Das anfangs lebhafte Rotbraun ging alsbald in Graubraun über. In diesem Farbenton erhielten sich die Nadeln bis zum Abfallen, das ungefähr nach zwei Wochen begann, aber nur die starkbeschädigten Zweige umfafste. An den verfärbten Stellen schwach beschädigter, am Zweige verbleibender Nadeln erkannte man, dafs die Wandungen einzelner Gruppen von

Mesophyllzellen in der Nähe der Epidermis fahlgelb bis rotgelb geworden waren, während der Inhalt sich entfärbt hatte und unter gänzlicher Desorganisation schliefslich der Wandung aufgetrocknet war. Dabei durchlief er nicht selten ein Stadium schaumiger Beschaffenheit. Schliefszellen der Spaltöffnungen erschienen längere Zeit nach der Einwirkung des Gases nur an den Übergangszonen in das gesunde Gewebe gerötet, wobei ihre Wandungen braungelb sich verfärbt hatten. Epidermis dort leicht gebräunt; subepidermale Prosenchymfasern erwiesen sich farblos. Das Mesophyll in der Nachbarschaft der gebräunten Stellen blieb grün und hatte entweder flockigen, grünen Inhalt oder klumpig vereinigte Chloroplasten. Daran stiefs alsbald gesundes Gewebe.

An stärker geschädigten Stellen war auch das Gefäfsbündel angegriffen und in derselben Weise verfärbt wie bei der Schwefligen Säure. Aber der Farbenton der geschädigten Nadeln war nur selten ein Rotbraun; meist erschienen dieselben gelbbraun und weniger hart, was sie von den SO_2-Nadeln unterscheidet. Die Geringfügigkeit der Unterschiede fällt hier weniger ins Gewicht, weil, wie gesagt, im praktischen Betriebe Brombeschädigung in der Regel mit der durch Schweflige Säure angerichteten gemeinsam auftritt.

Siebzehntes Kapitel.

Feste Auswurfstoffe der Schornsteine und mitgeführte Destillate.

Den besten Überblick über das Material, welches durch die Rauchschlangen auf die Vegetation zur Einwirkung gelangt, gewährt uns eine Tabelle von Wislicenus[1]), die wir wegen ihrer grofsen Übersichtlichkeit hier (S. 730/31) unverändert wiedergeben.

Über die in der beistehenden Tabelle aufgeführten Stoffe läfst sich ein allgemeines Urteil nicht fällen; sie können unter Umständen schädlich, sogar äufserst schädlich wirken, aber in anderen Fällen zu nennenswerten Ernteverlusten keine Veranlassung geben. Es hängt dies nicht nur von der gröfseren oder geringeren Exposition der Pflanzenteile ab, sondern von lokal verschiedenen Nebenumständen. Abgesehen von der individuellen Empfindlichkeit der einzelnen Pflanzenarten kommen hier, namentlich bei Flugasche, die Bodenbeschaffenheit und Witterung, bisweilen ausschlaggebend, hinzu.

Betreffs der Schädlichkeit der Teernebel ist zu erwähnen, dafs dieselben bei Kalköfen in Betracht kommen. Wenn bei dem Brennen des Kalksteins das Calcinieren, also die Abspaltung der Kohlensäure, beginnt, beladet sich der Rauch mit grofsen Mengen der in der Tabelle angeführten Destillate, welche je nach der Eigenart der Pflanze ähnliche Ätzwirkungen hervorbringen, wie sie bei den Asphaltdämpfen geschildert worden sind.

Die Schädlichkeit des Rufses ist früher durchgängig überschätzt worden und wird es jetzt noch teilweise. Die neueren Untersuchungen von Schmitz-Dumont und Wislicenus[1]) bestätigen die alten Stöckhardt'-

---

[1]) Wislicenus, H., Zur Beurteilung und Abwehr von Rauchschäden. Vortrag in Dresden am 31. Mai 1901. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1901, Heft 28, Taf. V.

Chemische Beschaffenheit

Die Zahlen bedeuten

1	2		3			4	5	
Mitgeführte Destillate und Feststoffe	Treten typisch auf bei		Rauchgase: Bestandteile			Holzfeuerung (Meiler, alte Glasschmelzöfen usw.)	Gewöhnlicher Steinkohlenfeuerungsrauch (doppelte chemische Luftmenge) Dampfkesselfeuerung	Hausfeuerung
Teernebel (nachteilig) aromat. Kohlenwasserstoffe Phenole („Kreosot") Anilin Pyridin Pyrrol	gewöhnl. Kalköfen und Ziegeleien, ausnahmsweise bei Meilern	unsachgemäſs bedienter gewöhnlicher Steinkohlenfeuerung, Hochöfen der Roheisenwerke,	„normale", wesentlich unschädlich		N		77,41	79,5
					O		10,13	8,0
					CO_2 (CO)		8,73 (—)	12,5 (—)
					H_2O		4,7	?
Ruſs (wesentlich unschädlich C mit imbibierten Stoffen: teerige, NH_3 Kali, Natron, Kalk Schwefelsäure Chlor Rhodan usw.		Schmelzöfen der Guſsstahlwerke (reduzierende Feuer)	„unnormale", schädliche, ausgesprochen saure	allgemeine	SO_2 mit (SO_3 und) H_2SO_4		0,063	0,04
					HCl		0,005	?
				besondere	Cl			
					HF			
Flugasche (bedingt schädlich) Oxyde, Carbonate, Phosphate, Silicate: versch. Basen als unlösliche unschädliche Stoffe					SiF_4 H_2SiF_6			
					Stickstoffsäuren			
As_2O_3 als schwerlösl. Stoff; Sulfate, Chloride von Fe, Zn, Cu, Alkali und Ammonsalze als lösl. schädl. Stoffe	Metallhüttenwerken		seltene, ausnahmsweise		H_2S (CS_2)	(Fabrikation von		
					NH_3 (Aminbasen, Ammonsalze)			
					Cyanide Rhodanide	(Fabrikation von		
Sonstige spezifische Feststoffe Zn und ZnO CaC_2, $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$ Cementstaub	Zinkhütten Carbidwerken Portlandzementwerken				Äther-, Benzindämpfe usw.	(Fabrikation pho-		

schen Erfahrungen, daſs Ruſs meist unschädlich wirkt. Zartere Pflanzen können durch die mitgeführten Phenole usw. Ätzerscheinungen aufweisen.

Die Theorie von der Verstopfung der Spaltöffnungen muſs fallen gelassen werden. Nach meinen Untersuchungen beruſster Pflanzen sind Fälle, bei denen Ruſsteilchen in den Vorhof einer Spaltöffnung

der Raucharten.

Volumprozente.

6 Röstgase der Pyritöfen	7 Abgase der Säurefabriken (Halsbrücke)	8 Abgase der Glasfabriken mit Sulfatbetrieb	9 Abgase der Hohl- und Milchglasfabriken bei Verwendung von Kryolith, Flusspat	10 Abgase der Superphosphatfabriken	11 Abgase der Ringziegelöfen	12 Leblancfabriken, Sulfat, HCl, Chlorkalk	13 Keramische Glasur (NaCl-Verfahren)	14 Bleichereien (Papier, Holzstoff, Strohstoffbleiche)	15 Blaufarbwerke, Sulfitcellulose-Rübenzucker (Saturation), Alaunfabriken, Ölraffination usw.	16 Fabrikation von HNO_3, Nitrokörpern, Sprengstoffen	17 Lokomotivrauch	18 Vulkanische Exhalationen
81					68,44						49,39	
10					8,96						6,3	
	2,5				7,77 (—)						5,41 (—)	
				viel!	15,7						40,86	
8,5 genutzt: 0,45	0,26	beim Anheizen 0,089 beim Schmelzen 0,443			— 0,074				Ultramarinöfen 3,0 . . 0,5		— 0,039	
					0,023						0,004	
			!	hauptsächlich fluorhalt. Abgase	!!							Borsäure
				HNO_3 aus der Kammersäure								

Leuchtgas, Sodarückstände in Abfall-Halden)

Leuchtgas, Blausäure, Blutlaugensalzen usw. usw.

tographischer Papiere usw.

gelangen oder denselben gar verkitten, äufserst selten, und selbst in diesen Fällen habe ich eine Veränderung an den umgebenden Zellen nicht wahrnehmen können. Es müssen aber erst gröfsere Mengen von Extraktstoffen (Sulfate und Phenole) ausgelaugt werden, ehe eine Schädigung sich nachweisen läfst. Dies zeigen die Versuche von Wislicenus mit Steinkohlen-, Braunkohlen- und Benzinrufs sowie mit

Rufsextrakten, durch welche Blätter von Hainbuche und Linde und später auch Fichtennadeln leichte Ätzwirkungen durch die Extrakte erhielten. Wahrscheinlich bewirken die eintrocknenden Salze eine osmotische Wasserentziehung und Austrocknung. Dieselben Versuche ergaben auch die Nichtbestätigung der Befürchtung, dafs dicker Rufsüberzug das Licht absorbiert und in Wärme umwandelt und dadurch nachteilig wirkt.

Dafs die im Rauch mitgeführte Kohlensäure schädlich wirken kann, ist eine theoretische Möglichkeit, da die Versuche mit extremer Steigerung dieses Gases über die normalen 0,04 bis 0,06 % hinaus die Behinderung der Assimilation ergeben haben. Aber im praktischen Betriebe wird kaum davon die Rede sein können. Dasselbe gilt für das Kohlenoxyd.

Die metallischen Bestandteile des Hüttenrauches (s. umstehende Tabelle) kommen bei der Flugaschenfrage zur Geltung. Nach Freytag's[1]) Untersuchungen erweisen sich reine Metalloxyde meist unschädlich. Als Futter für Tiere wird natürlich Laub mit derartigen Oxyden nicht zu verwenden sein, da leicht Entzündungskrankheiten auftreten können.

Als unlösliche Oxyde, als Karbonate und Silikate schaden die metallischen Bestandteile des Hüttenrauches den oberirdischen Pflanzenteilen kaum mehr als etwa Strafsenstaub. Lösliche Verbindungen dagegen, wie arsenige Säure, Sulfate und Chloride (es handelt sich hier vorzugsweise um Kupfer, Zink und Blei), erzeugen durch Korrosion des Gewebes braune Flecke, sobald sie auf vorher benetzte Blätter gelangen. Auf trocknem Laube sollen sie nicht schaden, und eine nachfolgende Benetzung durch Regen wäscht leicht den Überzug wieder ab. Quecksilberdämpfe wirken oberirdisch stets schädlich. Die durch Regen in den Boden hinabgewaschenen Verbindungen werden vom Boden absorbiert und dadurch meist unschädlich. Eine grofse Anhäufung von Arsen (von 0,1 % ab) ist nachteilig. Die Experimente von Phillips[2]) bestätigen, dafs gesunde Pflanzen durch Aufnahme von Blei und Zink keine Wachstumsstörungen erleiden; dagegen wirkt Kupfer ebenso wie Arsen giftig, wobei die Wurzelausbildung gestört wird. Einen Nachweis arseniger Säure in Pflanzen liefern Klien[3]) und zahlreiche neuere Beobachter. Solche Vergiftungen des Bodens können z. B. in der Nähe von Kupferhüttenwerken eintreten, und in einem Prozesse gegen die Mannsfeld-Hettstädter Kupferhüttenwerke weist Grouven auch speziell auf diesen Punkt hin[4]). Meine eignen Erfahrungen in derselben Gegend zeigen, dafs zurzeit grofse Ackerflächen vergiftet sind und trotz reichlichster Düngung sehr mangelhafte Ernten liefern. Dafs hier nicht Rauchgase die schädigenden Faktoren allein mehr sind, sondern der an Kupfersalzen reiche Boden, beweisen die Versuche, bei denen der unfruchtbar gewordene Boden aus der Nähe der Kupferwerke

[1]) Freytag in Jahrb. für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen 1873, S. 24 u. 36, cit. bei Hasenclever. — Landwirtsch. Jahrb. 1882, S. 315—357. Verfasser weicht betreffs der Rauchwirkung insofern von Schröder ab, als er nicht die Schweflige Säure als solche, sondern erst die aus ihr sich bildende Schwefelsäure für das schädigende Agens hält.

[2]) Phillips, The absorption of Metallic Oxides by plants; cit. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XIII, Nr. 11, S. 364.

[3]) Chemischer Ackersmann 1875, Heft 4.

[4]) Fühling's neue landwirtsch. Z. 1871, Heft 7, S. 534.

ausgehoben und in rauchfreie Gegend gebracht worden war. Auch am letzteren Orte waren die Pflanzen (*Phaseolus vulgaris*) erkrankt, während die daneben gesäten auf dem an Ort und Stelle gewachsenen Boden der rauchfreien Gegend gesund und kräftig sich weiter entwickelten.

Wieviel die Pflanzen während einer Vegetationsperiode an Metallen aufnehmen können, zeigt eine Analyse von Kartoffeln, deren Kraut von dem metallischen Flugstaub aus einer Nickelfabrik bestrichen wurde.

Gesundes Laub enthielt (in Prozenten der wasser- und sandfreien Substanz):

Kupferoxyd	0,0198
Zinkoxyd	0,0169
Nickeloxyd	—

Krankes Laub enthielt (in Prozenten der wasser- und sandfreien Substanz):

Kupferoxyd	0,0713
Zinkoxyd	0,1712
Nickeloxyd	0,0251

Die zugehörigen Knollen aber zeigten gar kein Zink- und Nickeloxyd und nur 0,0043 % Kupferoxyd gegenüber den gesunden Knollen, welche 0,0041 % besafsen [1]).

Neben Kupfervergiftungen ragen wegen ihrer Schädlichkeit die Arsenverbindungen hervor, die (nach v. SCHRÖDER) schon in Mengen unter 0,1 % im Boden die Vegetation beeinträchtigen.

Indes sorgt die fortschreitende Technik dafür, dafs sowohl Arsenik wie auch die löslichen Metallsalze des Rauches in den Flugstaubkanälen immer mehr zurückgehalten werden, so dafs im jetzigen praktischen Betriebe neue Metallvergiftungen des Bodens weniger zu befürchten sind.

Dennoch beanspruchen die Flugaschenauswürfe eine erhöhte Aufmerksamkeit. Eine Reihe eigner Versuche hat gezeigt, dafs man mit manchen Flugaschen, die dem Boden beigemengt werden, eine sichtliche Wachstumsförderung erzielen kann, während aus anderen Betrieben stammende Proben eine vergiftende Wirkung ausüben. Dieselbe ist weniger oft eine direkte Beschädigung der oberirdischen Pflanzenteile, sondern häufiger eine indirekte, die in dem Einflufs auf gewisse, schwere, wasserreiche Bodenarten sich geltend macht. Bei den oberirdischen Beschädigungen können Schwefelnatrium und Schwefelcalcium Ätzwirkungen an einzelnen zarteren Pflanzen hervorrufen, bei den indirekten Schädigungen ist die Wirkungsweise noch nicht genügend aufgeklärt. Meiner Ansicht nach handelt es sich teilweise um Reduktionserscheinungen im Boden, bei denen Schwefelwasserstoff entwickelt wird.

In den durch Flugasche stark überschütteten schweren Böden, namentlich wenn dieselben reiche Kalkdüngung erhalten haben, tritt bei Gerste eine Krankheitserscheinung, die ich als „Fleckennekrose“ bezeichnet habe, so hochgradig auf, dafs die Ernte eine aufserordentlich starke Einbufse erfährt. Alle Teile der Pflanze bis zu den Grannen der Spelzen erscheinen dicht braunpunktiert. Die braunen Punkte stellen abgestorbene Gewebeinseln dar, bei denen Parasiten bestimmt nicht die Ursache sind. Es können später sich Schwärzepilze

---

[1]) KÖNIG, J., Denkschrift der Landwirtschaftl. Versuchsstation Münster i. W. 1896, S. 204.

ansiedeln, und man hat dann diese Komplikation als „Hormodendron-Krankheit" beschrieben. Die Fleckennekrose ist jedoch nicht spezifisch für die Flugaschengebiete, aber unzweifelhaft dort am intensivsten. Gemildert sah ich diese Erkrankung nach kräftiger Kalkdüngung.

Die meisten Hinweise auf die schädigende Wirkung von Schwefelwasserstoff finden wir in den Gutachten von Steffeck [1]). Dort wird auch der vielfachen Entwertung der Feldfrüchte durch mechanische Überschüttung gedacht. Auch mir sind Fälle bekannt geworden, in denen eine Einlagerung von Asche in Gemüsepflanzen, namentlich Kohlarten, so stark war und so wenig sich entfernen liefs, dafs die Pflanzen minderwertig oder überhaupt unverkäuflich wurden. Nach starker Überschüttung von Futterrunkeln und Zuckerrüben, deren Blattköpfe später verfüttert wurden, gingen einzelne Stücke des Viehbestandes ein. Man fand bei diesen Tieren im Magen ganz unglaubliche Mengen von Asche.

Schwefelwasserstoff.

In Rücksicht auf unsere Anschauung, dafs bei Flugascheeinlagerung in gewissen schweren Bodenarten sich Schwefelwasserstoff bilden kann, habe ich einige Versuche mit Gerste ausgeführt. Es wurden die Kaliumpolysulfide der Schwefelleber benutzt, die teils in Stücken zwischen die junge, in Töpfen erzogene Gerstensaat gelegt, teils in Wasser von Untersätzen gebracht wurden, in denen Töpfe mit Gerstensaat standen. Ein zwischen die Pflänzchen ausgelegtes Bleipapier bräunte sich langsam. Nach sechs Tagen begann eine Vergilbung der Blätter, und zwar meist in der Mittelregion, seltener von der Spitze ausgehend. Die verfärbten Stellen sahen saftiger und durchscheinender aus als bei der durch andere Ursachen hervorgerufenen Vergilbung [2]). Der Gelbfärbung folgte eine Erschlaffung der Gewebestelle und ein Vertrocknen der darüber liegenden, noch grünen Blattfläche unter Annahme einer graugelben Farbe.

Das erste Symptom der Erkrankung ist hier stets die Bleichung des Chlorophyllfarbstoffs, der alsbald in den plasmatischen Zellinhalt überzutreten beginnt. Es geht nicht, wie bei anderen Vergiftungen, ein Zusammenziehen des Primordialschlauches oder Schrumpfen der Chloroplasten voran oder nebenher. Dafür aber ist ein stellenweises Übertreten des Zellwassers in die Intercellularräume bemerkbar, und daraus ist das durchscheinende Aussehen der vergilbten Stelle erklärlich. Sodann folgt ein Verschwinden der Grenzen der einzelnen Chloroplasten bis auf einen körnigen Rückstand, der in der Mitte der gesamten wolkig-trüben, bleich gelbgrünen Plasmamasse zusammengezogen ist. Man bekommt den Eindruck, dafs hier der gesamte Zellinhalt zu einer gleichartig teigigen Masse verquillt, während bei Chlor- und Salzsäurewirkung man Schrumpfungserscheinungen, bei Schwefliger Säure aber Auftrocknungsvorgänge des differenziert bleibenden Inhalts wahrnimmt. Bei Hafer war die Bleichung des Chlorophyllfarbstoffs eine langsamere und weniger intensive. Infolge eintretender Wurzelerkrankung wurden die Gefäfsbündelelemente tief braunwandig.

---

[1]) Steffeck, Die durch gewerbliche Einwirkungen hervorgerufenen Flurschäden und Verunreinigungen von Wasserläufen und Teichen. Magdeburger Zeitung 1907, Nr. 329 u. 331.

[2]) Sorauer, P., Beitrag zur anatomischen Analyse rauchbeschädigter Pflanzen. Landwirtsch. Jahrb. 1904, S. 643.

Sodastaub.

Über die Schädlichkeit von Natrondämpfen berichtet EBERMAYER[1]). Bei der Gewinnung der Cellulose wird Natronlauge unter erhöhtem Druck auf zerkleinertes Kiefernholz einwirken gelassen. Behufs Rückgewinnung des Natrons wird die benutzte Lauge eingedampft und der Rückstand zur Zerstörung der organischen Stoffe verbrannt. Dabei gelangt viel kohlensaures Natron in die Umgebung. Obstbäume in der Nähe solcher Fabriken zeigten die Blätter braun oder schwarz gefärbt und in kurzer Zeit abgestorben.

Dieselbe Färbung nahmen Blätter an, die in eine verdünnte Sodalösung von 1,01 spez. Gewicht getaucht wurden. Apfelblätter erschienen etwas weniger widerstandsfähig als Birnen und Pflaumen.

Betreffs des Sodastaubes sind bisher nur Fälle bekannt geworden, wo Soda aus Ammoniaksodafabriken durch eine unzulässige Ventilation der Fabrikräume verstäubte. Die durch Tau oder Regen gelöste Soda ruft durch Absterben der Blattränder oder auch durch einzelne Ätzflecke leicht bei manchen Bäumen das Bild einer Beschädigung durch saure Gase hervor.

In zweifelhaften Fällen hilft dem Experten aber hier die Beschaffenheit der wilden Gräser und namentlich der Getreidehalme, welche eine citronengelbe Färbung einseitig annehmen. Je nach der Zeit und Intensität des Entweichens des Sodastaubes kann Getreide taub werden und die Baumvegetation allmählich durch eine alljährlich sich wiederholende Blattbeschädigung zum Absterben gebracht werden. Übrigens sind die einzelnen Pflanzenspezies in sehr verschiedenem Maſse empfindlich und verhalten sich manchmal widerstandsfähig gegen Soda und empfindlich gegen saure Rauchgase und umgekehrt. Künstlich von mir vorgenommene Bestäubungsversuche an Getreide und wilden Gräsern (*Agropyrum repens*, *Agrostis vulgaris*, *Lolium* etc.) in betautem Zustande ergaben das Auftreten derselben Gelbfärbung auch an den Spelzen, wie bei den natürlichen Beschädigungen[2]), die bis auf 2 Kilometer Entfernung von der Fabrik nachweisbar waren. KÖNIG[3]) beobachtete, daſs Gerstenblätter weiſs gerändert wurden; Rotklee soll zuerst kleine schwarze Flecke auf den Blättern zeigen, später werden einzelne ganz schwarz und fallen ab; ebenso bei Kartoffeln. Bei Eichen wie bei Kirschen fand KÖNIG neben den braunen Blatträndern auch Löcher vor. Weiſstannennadeln sollen gelbspitzig werden und abfallen. Auf Grund seiner Analysen sieht genannter Autor die Wirkung der Soda nicht nur in einer Humifizierung der Blattsubstanz, sondern in der Aufnahme von Soda durch die Blätter, von wo aus dieselbe bis zur Wurzel wandert. Mit der Steigerung der Natronmenge erfolgt gleichzeitig eine Zunahme an Säuren, namentlich Kiesel- und Schwefelsäure[4]); vielfach nehmen auch Phosphorsäure und Chlor zu. Diese Gegenreaktion des Pflanzen-

---

[1]) Ein Beitrag zur Pathologie der Obstbäume. Tagebl. d. Naturf.-Vers. zu Hamburg, cit. Biedermanns Centralbl. 1877, II, S. 318.

[2]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1892, S. 154, Anmerk.

[3]) BÖRNER, HASELHOFF und KÖNIG, Über die Schädlichkeit von Sodastaub und Ammoniakgas auf die Vegetation. Mitgeteilt von KÖNIG, Landwirtsch. Jahrb. XXI cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893, S. 98.

[4]) Nur bei Roggen fand KÖNIG (Denkschrift 1896 S. 207) trotz höheren Gehaltes an Natron weniger Asche, namentlich weniger Kieselsäure. Es scheint ihm, daſs durch die Soda im Halme Kieselsäure gelöst und ausgewaschen wird.

körpers zeigt sich im umgekehrten Sinne auch bei den Beschädigungen durch saure Gase, bei denen die noch nicht über ein gewisses Maſs hinaus beschädigten Blätter mehr Basen enthalten als die gesunden.

Fangpflanzenmethode.

Über die technischen Maſsnahmen zur Vermeidung oder Verminderung der Rauch- und Flugaschebeschädigungen muſs auf die technischen Handbücher verwiesen werden. Wohl aber möchte ich hier eine Methode behufs Klärung der Frage angeben, ob die wahrgenommenen Schäden mit der Bodenvergiftung zusammenhängen oder rein oberirdische Wirkungen der säurehaltigen Gaswellen sind. Zu diesem Zwecke bediene ich mich des „Fangpflanzenbaues“. Diese Methode besteht darin, daſs in die klägerischen Äcker Holzkästen von mindestens 1 cbm Inhalt eingestellt und mit einer Erde angefüllt werden, welche vor Zeugen aus rauchfreier Gegend entnommen worden ist. Andererseits kommt die aus dem klägerischen Acker ausgehobene Erde in ebensolche Kästen, die aber auf einem Acker in rauchfreier Gegend eingegraben werden. Beide Kästenkategorien werden dann in ganz gleicher Weise mit Bohnen (*Phaseolus vulgaris nanus*) besät und gleichzeitig nach einer Reihe von Wochen geerntet. Die Ernte wird mikroskopisch und chemisch untersucht.

Eine Bodenvergiftung wird dadurch bewiesen, daſs die Pflanzen in dem aus dem klägerischen Acker stammenden Boden in den in rauchfreier Gegend eingesenkten Kästen unter denselben Merkmalen wie die vor der Rauchquelle erkranken. Wenn dagegen die in der Nähe des schädigenden industriellen Etablissements auf dem klägerischen Acker eingesenkten, mit Erde aus rauchfreier Gegend angefüllten Kästen an ihren Bohnen die Merkmale der Rauchvergiftung erkennen lassen, so ist der Hinweis gegeben, daſs die gefährliche Rauchschlange allein schon hinreicht, das Pflanzenwachstum zu schädigen.

Diese vergleichenden Kulturen haben den Vorteil, den streitenden Parteien schon einen dem Laien erkennbaren Einblick in die Schädigungsart zu geben und dadurch eine gütliche Einigung anzubahnen und den langwierigen Prozeſsweg zu vermeiden. Betreffs der Prozesse ist die Bildung staatlicher Rauchkommissionen anzustreben. Wir verstehen darunter bestimmte Personen aus den Kreisen der Botaniker, Chemiker, Land- und Forstwirte, welche zu Sachverständigen-Kommissionen zusammentreten und für die einzelnen Bezirke stets dieselben sind. Durch die Beibehaltung derselben Persönlichkeiten erhalten dieselben einen genaueren Einblick in die speziellen Verhältnisse ihres Bezirkes und ein gesicherteres Urteil in diesen schwierigen Fragen.

Leuchtgas und Acetylen.

Man hatte dem häufig im Leuchtgase vorhandenen Schwefelwasserstoff den schädlichen Einfluſs zugeschrieben, den das Leuchtgas auf die Pflanzen ausübt. Die alleinige Ursache ist er nicht, da Kny[1]) nachgewiesen, daſs auch das sorgfältig von Schwefelwasserstoff gereinigte Gas den Wurzeln schädlich ist. Aus der violettgrauen Färbung vieler Wurzeln bei den durch Leuchtgas geschädigten Bäumen schlieſse ich, daſs mitgeführte Stoffe aus der Teerreihe bzw. Ammoniak die schädigenden Faktoren sind. Diese violette Verfärbung der Wurzeln

[1]) Sitzungsber. d. Ges. naturforsch. Freunde zu Berlin in Bot. Zeit. 1871, S. 869.

ist vorläufig als das beste Merkmal zu bezeichnen, wenn es auch keine unbedingte Sicherheit gewährt. Es ist WEHMER[1]) zuzustimmen, dafs auch bei anderen Todesarten derartige Wurzelverfärbungen vorkommen, und dafs bei Bäumen, die durch Leuchtgas im Boden zugrunde gegangen sind, manchmal das Merkmal nur spärlich zu finden ist. Letzterer Fall ist sehr erklärlich, da nur diejenigen Wurzeläste, die direkt mit dem schädigenden Agens in Berührung kommen, sich verfärben und das Absterben der Bäume veranlassen; die sekundär sterbenden Wurzeläste bleiben ungefärbt.

Die verschiedenen Bäume und Sträucher zeigen eine sehr grofse Mannigfaltigkeit hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen den Einflufs des Gases. Während z. B. in den KNY'schen Versuchen die Ulme sehr bald einging, hat *Cornus sanguinea* ohne wahrnehmbaren Schaden die Vergiftung mit Leuchtgas überstanden. Wie weit der Einflufs einer Gasleitungsröhre sich erstreckt, zeigt eine Analyse von GIRARDIN[2]), wonach der Boden noch in einer Entfernung von 1 m brenzliche Öle, Schwefel- und Ammoniakverbindungen aufwies.

Ein weiteres Beispiel für das verschiedenartige Verhalten der Pflanzen gegen Leuchtgas führt LACKNER[3]) an, dessen Beobachtungen sich aber auf den Einflufs beziehen, den Gas bei seiner Verbrennung im Zimmer ausüben soll. Den Kamelien und Azaleen ist ein Aufenthalt im Zimmer, wo viel Gas gebrannt wird, sehr schädlich, und Efeu soll darin bald zugrunde gehen; dagegen zeigen sich Palmen, Dracänen, *Aucuba japonica* und andere Pflanzen gar nicht empfindlich.

Die Versuche von RICHTER[4]) ergaben, dafs Leuchtgas hemmend auf das Längen- und fördernd auf das Dickenwachstum bei Keimlingen von Bohnen und anderen Pflanzen wirkt. Dafs der bei der Verbrennung sich schnell steigernde Kohlensäuregehalt hierbei auf den Pflanzenkörper so schädlich wirke wie auf den Tierkörper, wie man früher anzunehmen geneigt war, ist nicht der Fall[5]); es ist eher zu vermuten, dafs einzelne Produkte der unvollkommenen Verbrennung des Leuchtmaterials die Schuld tragen.

---

[1]) WEHMER, C., Über einen Fall intensiver Schädigung einer Allee durch ausströmendes Leuchtgas. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1900, S. 267.

[2]) Jahresber. über Agrikulturchemie Jahrg. VII, 1866, S. 199.

[3]) Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenbaues in d. Kgl. Preufs. Staaten. Januar 1873, S. 22.

[4]) RICHTER, O., Pflanzenwachstum und Laboratoriumsluft. Ber. d. D. Bot. Ges. 1903, Heft 3.

[5]) Wir wiederholen, dafs bei sonst günstigen Wachstumsbedingungen bis zu einem hohen Prozentsatze hinauf der Kohlensäuregehalt nützlich ist, indem er die Produktion von Pflanzensubstanz befördert, was durch die vermehrte Sauerstoffausscheidung angezeigt wird. Nach den Untersuchungen von GODLEWSKI („Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung der Blätter von dem Kohlensäuregehalt der Luft" in Sachs' Arbeiten des bot. Inst. zu Würzburg 1873, III, S. 343—370) liegt das Optimum des Kohlensäuregehalts im Verhältnis zu dem Gehalt der Luft ungeheuer hoch (5—10 %). Es erklärt sich hieraus die günstige Wirkung der Mistbeete und der mit Pferdedung erwärmten, niedrigen, in der Erde liegenden Glashäuser der Gärtner. Hier vereint sich die hohe Kohlensäureproduktion der sich zersetzenden organischen Substanz mit reichlicher Wärmeentwicklung, abgeschwächtem Licht und feuchter Luft, also den wesentlichen Faktoren eines üppigen Blattwachstums. Aber auch die Blütenentwicklung wird in der Weise gefördert, dafs bei gesteigertem Kohlensäuregehalt der Luft die Blumen früher und ergiebiger sich ausbilden. (DEMOUSSY, Über die Vegetation in kohlensäurereichen Atmosphären. Compt. rend. 1904, t. 139, S. 883.)

Nach meinen Erfahrungen ist bei den Zimmerkulturen in erster Linie die Trockenheit der Luft die Hauptursache des Absterbens, das sich dann in einem Vertrocknen der Blattspitzen und Blattränder geltend macht.

Betreffs des Einflusses von Leuchtgas auf die Wurzeln zeigten Böhm's[1]) Versuche mit Weidenstecklingen in Flaschen mit Wasser, welchem Leuchtgas zugeführt worden, daſs die Wirkung eine langsam tötende war; die nach drei Monaten absterbenden Stecklinge hatten auf Kosten der gespeichert gewesenen Stärke neue, kurze Wurzeln gebildet. Die Wirkung war dabei weniger intensiv, als wenn das Wasser Kohlensäure zugeführt erhielt. In diesem Falle waren alle Neubildungen an dem im Wasser befindlichen Stengelteile unterblieben, während der obere Teil, der Thyllen in den Gefäſsen bildete, noch krankhafte Triebe entwickelte; der Tod trat nach zwei Monaten ein. Bei anderen Versuchen, in denen Wasserstoff zum Wasser zugeführt worden, war die Entwicklung nahezu normal. Vergl. d. Abschnitt über Kohlensäureüberschuſs.

Die Pflanzen starben auch, wenn Leuchtgas der Erde ihres Topfballens zugeleitet wurde. Samen, welche in Erde gelegt wurden, durch welche fast $2^1/_2$ Jahr lang Leuchtgas hindurch gegangen war, kamen nur zu einer höchst mangelhaften Entwicklung. Wurde durch solchen Boden während längerer Zeit ein Strom atmosphärischer Luft geleitet, so verlor die Erde ihren schädlichen Einfluſs durchaus nicht, so daſs man diese Wirkung wohl, wie bereits gesagt, vorzugsweise den teerartigen Produkten zuschreiben darf, welche sich im Boden in flüssiger oder fester Form absetzen.

Späth und Meyer[2]) fanden, daſs schon eine verhältnismäſsig geringe Gasmenge (25 Kubikfuſs auf 14,19 qm Fläche bei 1,25 m Tiefe täglich verteilt) die mit dem Gas in Berührung kommenden Wurzeln tötet. Weniger schädlich zeigte sich selbst ein gröſseres Gasquantum, wenn dasselbe die Bäume in der Zeit der Winterruhe bestrich. Auch hier erwiesen sich die verschiedenen Baumarten von verschiedener Widerstandskraft

Am zweckmäſsigsten erscheint vorläufig das durch Böhm empfohlene Verfahren von Juergens, die Gasröhren der Straſsen usw. in glasierte Tonröhren zu legen, welche Ausmündung in die Beleuchtungskandelaber haben, so daſs innerhalb der Tonröhren eine dauernde Ventilation stattfinden kann.

Bezüglich der Acetylenvergiftung hat Brizi[3]) Versuche angestellt, der in einer italienischen Stadt ein Absterben von *Quercus Ilex* an einem Leitungsstrange dieses Gases wahrnahm. Krautartige Pflanzen gingen in den Töpfen, welche Acetylen zugeführt bekamen, unter Vertrocknungserscheinungen zugrunde. In den Palisadenzellen von *Coleus* waren die Zellkerne verschwunden; die Wurzeln hatten ihre Haare verloren; die Seitenwürzelchen erschienen welk, gequetscht und braun; die Rindenzellen entbehrten jeder Flüssigkeit. Bei *Evonymus japonica*

---

[1]) Über den Einfluſs des Leuchtgases auf die Vegetation. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien, Bd. LXVIII B.

[2]) Späth und Meyer, Beobachtungen über den Einfluſs des Leuchtgases auf die Vegetation von Bäumen. Landwirtsch. Versuchsstat. 1873, S. 336.

[3]) Brizi, U., Sulle alterazioni prodrotte alle piante coltivate dalle principali emanazioni gasose degli stabilimente industriali. Staz. sperim. agrar. ital. XXXVI; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1904, S. 160.

erwiesen sich die Pflanzen in trockenem Boden nach sieben Tagen noch normal, während sie in feuchter Erde nach sechs Tagen bereits die Blätter abwarfen und die meisten jungen Wurzeln abgestorben zeigten. Lorbeer und Weinstock verhielten sich ähnlich. Brizi sieht die Wirkung der im Acetylen enthaltenen Gase und Beimengungen in einer Entziehung der normalen, sauerstoffhaltigen Luft, so dafs die Wurzeln ersticken, und meint, dafs Leuchtgas ganz analog, aber noch heftiger wirken werde. Die Feuchtigkeit des Bodens fördert darum die Schädlichkeit, weil sie seine Durchlässigkeit für die Gase herabdrückt.

Die Ansicht Brizi's von der erstickenden Wirkung, die Leuchtgas in seinen mitgeführten Produkten auf die Wurzeln ausübt, findet insofern eine Stütze, als ich bei Gasvergiftungen von Linden in Berlin beim Schneiden der Wurzeln deutlich einen Buttersäuregeruch wahrgenommen habe und bei Wurzeln von Bäumen, die durch stagnierende Nässe zugrunde gegangen waren, violettbraune Membranverfärbungen feststellen konnte.

Achtzehntes Kapitel.

Abwässer.

Kochsalzreiche Wässer.

Von allen Schädigungen, die durch Abwässer veranlafst werden, sind die durch Kochsalz hervorgerufenen die häufigsten. Besonders begegnet man denselben in solchen Gegenden, in denen eine grofse Steinkohlenförderung stattfindet. Aus den Analysen, welche König[1]) in Gemeinschaft mit Storp[2]), Böhmer[3]), Stood[4]) und Haselhoff[5]) veröffentlicht hat, geben wir einige Zahlen über die Zusammensetzung von Grubenwässern, die zur Genüge zeigen, um welche Mengen von Chlornatrium und anderen Salzen es sich bisweilen handelt. Es enthält pro 1 l:

Name der Zeche	Chlornatrium	Clorcalcium	Chlormagnesium	Kaliumsulfat	Magnesiumsulfat
Levin	65,949 g	11,056 g	3,736 g	0,659 g	—
Matthias Stinnes .	33,244 g	3,631 g	1,735 g	—	0,042 g
Saline Königsborn	45,413 g	4,061 g	0,189 g	—	1,256 g

Man kann aus diesen Beispielen leicht ermessen, welchen Einflufs Berieselungen oder gar Überflutungen mit derartigen Lösungen ausüben werden. Die Wirkung wird sowohl eine direkte, als auch eine indirekte durch die Veränderungen sein, welche der Boden erleidet. In letzterer Beziehung kommt zunächst der Umstand in Betracht, dafs die Bodennährstoffe (Kali, Kalk, Magnesia, unter Umständen auch Phosphorsäure) in erhöhter Menge gelöst und ausgewaschen werden. Der Auswaschungsprozefs beginnt schon bei 0,5 gr Kochsalz pro Liter; mithin sind alle Wässer mit gröfserem Gehalt schon zur Berieselung bedenklich. Dem Nährstoffverlust des Bodens entsprechend zeigten auch Topfversuche mit Wiesengräsern einen wesentlichen Rückgang der geernteten Substanz.

---

[1]) Die landwirtsch. Versuchsstat. Münster i. W. Denkschrift 1896, S. 153.
[2]) Landwirtsch. Jahrbücher 1883, XII, S. 795.
[3]) Ebend. S. 897.
[4]) Landwirtsch. Versuchsstat. 1889, S. 113.
[5]) Landwirtsch. Jahrbücher 1893, S. 845.

Ein zweiter Nachteil der Berieselung mit kochsalzhaltigem Wasser ist das Dichtschlämmen des Bodens; es genügen schon 0,41 % Kochsalz im Boden, um denselben infolge Verdichtung unfruchtbar zu machen. In der Nähe von Salzwerken sah SANNA[1]) ein Überwiegen von Feinerde gegenüber den groben Bestandteilen und macht darauf aufmerksam, daſs durch die verminderte Luftzufuhr die Arbeit der Bodenbakterien aufgehalten wird. Solche Böden müssen unbedingt vor Winter in rauhe Furche gelegt werden, damit sie durch den Frost wieder eine Auflockerung erfahren. Endlich aber ist noch ein Punkt, auf den PEGLION[2]) aufmerksam macht, zu verzeichnen. Er studierte die eigenartige Ährenverkümmerung, die mit „Garbin" bezeichnet und der Wirkung der Seewinde zugeschrieben wird. Nach dem genannten Beobachter trägt aber die physiologische Trockenheit die Schuld daran. Der Salzboden hält das Wasser so fest, daſs die Wurzeln dasselbe nicht in genügender Menge aufzunehmen vermögen.

Bezüglich der direkten Wirkung ist zu berücksichtigen, daſs sich die Pflanze je nach ihrer Eigenart dem kochsalzhaltigen Wasser teilweise anpassen kann und demgemäſs ihren Habitus ändert. Bei Wiesengräsern hat HÖSTERMANN[3]) nachgewiesen, daſs dieselben Xerophytenstruktur annehmen; sie werden kleiner, gedrungener, die Internodien kürzer und die Blätter kleiner; die Bestockung ist gering und der Wurzelkörper schwach entwickelt. Die Transpiration geht zurück und die Assimilationsenergie wird schon bei 0,05 % gehemmt. Betreffs der Keimkraft der Samen wurde beobachtet, daſs schwache Konzentrationen (0,5—0,75 %) förderlich wirken, daſs aber darüber hinaus eine Schädigung eintritt.

Andere Anpassungserscheinungen erwähnt ARESCHOUG[4]), indem er als Schutz gegen die Anhäufung von Chloriden das Festhalten von Wasser in Geweben (Speichertracheïden, Schleimzellen) ansieht, die direkt nicht mit der Assimilation zusammenhängen. Auch scheinen die Hydathoden chlornatriumhaltiges Wasser auszuscheiden. Die Struktureinrichtungen zur Hemmung der Transpiration sah DIELS[5]) sich steigern, je salzreicher der Standort der Pflanzen sich erwies. Daraus wäre zu schlieſsen, daſs die Strandvegetation an Wasserbecken von verschiedenem Salzgehalt auch abweichend sich verhalten wird. Auf diesen Punkt macht ROSTRUP[6]) auch tatsächlich aufmerksam. Die Kiefer leidet am meisten, die Birke am wenigsten. Aus den von der ökonomischen Gesellschaft des Amtes Maribo nach den Überschwemmungen in den Jahren 1858, 1863 und 1865 gemachten Aufzeichnungen geht hervor, daſs die Wirkung des Salzwassers um so schwerer war, je lehmhaltiger der Boden sich erwies. Von den überschwemmten Winter-

---

[1]) SANNA, A., Einfluſs des Seesalzes auf die Pflanzen. Staz. sperim. XXXVII; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1904, S. 826.

[2]) PEGLION, V., Der Salzgehalt des Bodens und seine Wirkung auf die Vegetation des Getreides. Staz. speriment. agrar. ital. 1903; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1904, S. 507. — RICÔME, Influence du chlorure de Sodium etc.; cit. Zeitschrift für Pflanzenkrankh. 1904, S. 222.

[3]) HÖSTERMANN, Einfluſs des Kochsalzes auf die Vegetation von Wiesengräsern. Landwirtsch. Jahrb. Suppl. 1901; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1903, S. 211.

[4]) ARESCHOUG, F. W., Untersuchungen über den Blattbau der Mangrovepflanzen. Bibl. bot. 1902; cit. Bot. Jahresber. 1902, II. S. 295.

[5]) DIELS, L., Stoffwechsel und Struktur der Halophyten; cit. Bot. Jahresber. 1898, I, S. 606.

[6] ROSTRUP, Plantepatologi S. 74, 75.

saaten litt der Roggen mehr wie der Weizen. Bei den Frühjahrssaaten auf dem durchsalzenen Boden wurden Gerste und Erbsen am meisten geschädigt. Runkelrüben, Kartoffeln, Weifsklee und Raygras schienen nicht sehr unter der Einwirkung des Salzbodens zu leiden, dagegen war Rotklee sehr empfindlich. Bei den mit künstlicher Kochsalzdüngung von WOHLTMANN [1]) ausgeführten Versuchen zeigten von Sommerhalmfrüchten Gerste und Weizen grofse Empfindlichkeit, während Winterweizen noch bei sehr starken Gaben von Kochsalz leidlich gedieh. Erbsen versagten bei starker Düngung gänzlich. Hafer war widerstandsfähiger. Am wenigsten empfindlich erwies sich Winterroggen. Bei den Kartoffeln war der Stärkegehalt sehr herabgegangen, der Proteïngehalt nicht beeinflufst, die Aschenmenge gestiegen. Bei Zucker- und Futterrüben wurde das Erntequantum erhöht, ohne dafs der Zuckergehalt zurückging. Man merkt hier die Abstammung von der Strandpflanze.

Bei Bäumen macht sich die Wirkung des Salzbodens erst geltend, nachdem sie längere Zeit das Salz gespeichert haben. So fand WEBER [2]), der übrigens die Ansicht vertritt, dafs in manchen Fällen nicht der Salzüberschufs, sondern die Versumpfung die Ursache des Absterbens sei, bei vergilbenden Zweigen von *Salix viminalis* im Lahntale bei Bersenbrück, wo die Grubenwässer von Eversburg einfliefsen, dafs die Blätter einen Chlorgehalt von 1,309 %, die der gesunden Pflanzen nur 0,877 % besafsen. Betreffs des Verhaltens von Zierpflanzen finden wir reichliche Angaben in einer Arbeit von OTTO [3]), der als allgemeines Merkmal ein Rotspitzigwerden der Pflanzen vor dem Absterben angibt.

Abgesehen von den Grubenwässern macht sich der hohe Kochsalzgehalt besonders auf den Rieselfeldern geltend. Namentlich im Sommer wird die Konzentration der Spüljauche relativ grofs, und man sieht viele Gewächse „verbrennen“, wie der Rieselwirt sagt. Sehr empfindlich hat sich der Tabak erwiesen, so dafs man mit der Tabakkultur bisher völlige Mifserfolge gehabt hat, wie EHRENBERG [4]) hervorhebt, der die gesamten Schädigungen durch Spüljauche sehr eingehend behandelt.

Neben dem Chlornatrium kommt auch vielfach der Chlormagnesiumgehalt in Betracht. Die auswaschende Wirkung ändert sich in ihren Resultaten, wie die Untersuchungen von FRICKE, HASELHOFF und KÖNIG [5]) ergeben haben. Während die Rieselung mit kochsalzhaltigem Wasser eine erhöhte Ausfuhr von Kalk, Magnesia und Kali zur Folge hat, treten bei chlormagnesiumhaltigem Wasser Kalk, Kali und Natron aus, und Magnesia wird festgehalten. Bei chlorcalciumhaltiger Berieselung wird der Kalk von Boden und Pflanzen zurückgehalten, und es treten gröfsere Mengen von Magnesia, Kali und Natron aus.

In den grofsen Städten kommt aber die Kochsalzfrage noch nach anderer Richtung hin in Betracht, nämlich bei dem Auftauen der Strafsenbahnen. Aufserdem wird von vielen Hausbesitzern auch Viehsalz auf die Bürgersteige gestreut. In Berlin ist dies zwar verboten, aber man

---

[1]) WOHLTMANN, F., Die Wirkung der Kochsalzdüngung auf unsere Feldfrüchte. Landw. Zeit. f. d. Rheinprovinz 1904, S. 46.

[2]) WEBER, C., Kritische Bemerkungen usw.; cit. Bot. Jahresber. 1898, II, S. 301.

[3]) OTTO, R., Über durch kochsalzhaltiges Wasser verursachte Pflanzenschädigungen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1904, S. 136.

[4]) EHRENBERG, PAUL, Einige Beobachtungen über Pflanzenschädigungen durch Spüljauchenberieselung. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1906, S. 193.

[5]) FRICKE, HASELHOFF, E., u. KÖNIG, J., Über die Veränderungen und Wirkungen des Rieselwassers. Landwirtsch. Jahrbücher 1893, S. 801.

täuscht die Polizei dadurch, dafs das Salz mit Sand vermischt wird[1]). Das zur Beseitigung des Schnees verwendete Salz schmilzt und dringt dort in den Boden, wo die Strafse nicht asphaltiert ist. Im Frühjahr treiben die Bäume zwar aus, aber im Laufe des Sommers gehen sie zugrunde. Auch hier verhalten sich die einzelnen Baumarten in verschiedenem Grade widerstandsfähig[2]). Übrigens ist die Wirkung einer Kochsalzlösung verschieden, je nachdem sie ständig die Wurzeln bespült oder der Boden zeitweise austrocknet; letzterer Fall ist der gefährlichere.

Beschädigungen im Grofsen hat man auch in der Umgebung von Vulkanen durch den Einflufs der ausbrechenden Dämpfe wahrgenommen. Die in dem Dampfgemisch in wechselnden Mengen vorkommende Schweflige Säure, sowie Salzsäure und Schwefelwasserstoff mögen wohl die Hauptursachen der Vergiftung sein. Sie dürften auch vorzugsweise die zerstörenden Wirkungen des Aschenregens veranlassen; doch werden diese ihrerseits von einzelnen Beobachtern auch dem reichlich gefallenen Kochsalz zugeschrieben. Nach den Mitteilungen von Pasquale[3]) gehen die roten und violetten Blütenfarben teils in Blau über (Papaver, Rosa, Gladiolus), teils bleiben sie unverändert (Viola tricolor, Convolvulus, Digitalis). Bei dem zurzeit des Austreibens der Bäume eingetretenen Aschenregen wurden die grünen Pflanzenteile braun, wie nach Verbrennung oder Vertrocknung, aber nicht nach Verbrühen. Sukkulente und lederartige Blätter hatten nicht gelitten. Mechanische Einwirkungen des Aschenregens, wie etwa Verstopfung der Spaltöffnungen, liefsen sich anfangs nicht konstatieren; nach einigen Tagen schienen sie sich aber geltend zu machen.

Dieselbe Ansicht wie Pasquale vertritt neuerdings auch Sprenger[4]), der die Folgen des Vesuvausbruches im April 1906 beschreibt.

Chlorcalcium- und chlormagnesiumhaltige Abwässer

sind reichlich in den Steinkohlen-Grubenwässern, in den abfliefsenden Mutterlaugen von Salinen und Bädern, in den Fabriken für Bereitung von Chlorkalium und Kalisalzen, in den Abwässern der Ammoniaksodafabriken usw. enthalten. Welche Mengen dabei in Betracht kommen, zeigt beispielsweise die Analyse von einer neutralen Flüssigkeit, welche aus den Kesseln abfliefst, in denen das bei der Ammoniaksodafabrikation erhaltene Chlorammonium zersetzt wird. König[5]) fand im Liter 80,06 g Chlornatrium, 56,00 g Chlorcalcium, 1,02 Magnesiumsulfat. In anderen Proben, die stark alkalisch waren, fand sich von den genannten Stoffen weniger, aber dafür Natriumsulfat und 3—5 g freier Kalk. Der Umsetzungen im Boden ist bereits im vorigen Abschnitt gedacht; aber es soll hier noch hervorgehoben werden, dafs bei vorübergehenden schwachen Gaben (bis 2,0 g pro l) günstige Wirkungen beobachtet worden sind. Das Keimen von Samen wurde befördert. Himbeeren und Erdbeeren sah man auf einem mit Chlorcalcium durchtränkten Boden sehr grofs und hellfarbig werden; jedoch schmeckten die Früchte nach Chlorcalcium und hielten sich nicht lange[5]).

---

[1]) Weiss, A., Zeitschr. f. Gartenbau und Gartenkunst 1894, Nr. 37.

[2]) Ritzema Bos, Schädlichkeit des Auftauens der Trambahnlinien mit Salzwasser für die in der Nähe stehenden Bäume. Tijdschrift over Plantenziekten 1898, S. 1.

[3]) Pasquale, Di alcuni effetti della caduta di cenere etc. Bot. Zeit. 1872, S. 729.

[4]) Sprenger, C., Vegetation und vulkanische Asche. Österreich. Gartenzeitung 1906, Heft VII.

[5]) Denkschrift S. 161.

Chlorbarium

ist ein verhältnismäfsig minder wichtiger Bestandteil, der nur zuweilen in den Abwässern von Steinkohlengruben gefunden wird. Seine Giftigkeit ist durch Wasserkulturen von Mais und Pferdebohnen seitens HASELHOFF[1]) erwiesen worden. Die Pflanzen wurden im Höhenwachstum gehemmt; die Blätter welkten und fielen ab. In der Natur wird aber eine direkte Schädlichkeit wohl nur selten auftreten, weil die überall im Boden und in fliefsenden Gewässern enthaltenen schwefelsauren Salze schnell eine Umsetzung zu unlöslichem und unschädlichem Bariumsulfat bewirken werden.

Zinksulfathaltige Abwässer.

Mit der Untersuchung solcher Gewässer aus Zinkblendegruben hat sich KÖNIG eingehender beschäftigt[2]). Es zeigte sich, dafs die Bäche, welche das Abflufswasser aufnahmen, schwefelsaures Zinkoxyd in Lösung enthielten. Auf den bewässerten Wiesen bemerkte man einen deutlichen Rückgang des Ertrages und stellenweise eine nur noch kümmerliche Vegetation. Die auf derartigen Fehlstellen gewachsenen Gräser, sowie die verkümmerten Sträucher von Buche und Ahorn enthielten bis 2,78 % ihrer Asche an Zink, während die Asche gesunder Wiesenpflanzen dieses Metall nicht besafs. Da, wo Zinkerze zufällig verschüttet wurden, erlosch die Vegetation; nur eine spezifische Zinkpflanze (die „weifse Erzblume") erschien noch. Die erwähnte „Erzblume" hatte nicht weniger als 11 bis 15 % Zinkoxyd in ihrer Asche. Man sieht, wie verschieden wiederum sich die einzelnen Pflanzen verhalten, und welche hohen Konzentrationen manchmal vertragen werden. Die Beschädigungen erscheinen erst nach einer längeren Reihe von Jahren, nachdem sich das im Bachwaser in absolut geringen Mengen vorhandene Zinkoxyd zu gröfseren Massen angehäuft hat. Aus diesem Umstande folgert KÖNIG mit Recht, dafs die den Gruben bei der Konzessionserteilung auferlegte Verpflichtung, nur klares Wasser abfliefsen zu lassen, nicht ausreichend zum Schutze der Wiesenbesitzer sei.

Eine Erweiterung der erwähnten Erfahrungen liefern zwei Arbeiten, von denen die eine von A. BAUMANN[3]) ausschliefslich den Einflufs von Zinksalzen auf Pflanzen und Boden behandelt, während die zweite von NOBBE, BÄSSLER und WILL[4]) neben dem Zink sich auch mit den durch Arsen und Blei hervorgerufenen Schädigungen beschäftigt.

Aus den Resultaten der BAUMANN'schen Versuche ist hervorzuheben, dafs das schwefelsaure Zink in gelöster Form für die Pflanzen sich viel schädlicher erweist, als man bisher annahm; kleine Mengen (etwa 1 ‰ Zink, also 4,4 mg Zinkvitriol im Liter) haben sich bei allen Versuchspflanzen (13 Spezies aus 7 Familien) mit Ausnahme des Rettichs als vollkommen unschädlich erwiesen. Die Koniferen sind sehr widerstandsfähig; sie vertrugen noch eine Lösung von 1 % Zinkgehalt, während

---

[1]) Landwirtsch Jahrbücher 1895, S 962.

[2]) KÖNIG, Untersuchungen über Beschädigungen von Boden u. Pflanzen durch industrielle Abflufswässer und Gase; cit in Biedermann's Centralbl. 1879, S. 564.

[3]) BAUMANN, A., Das Verhalten von Zinksalzen gegen Pflanzen und im Boden. Preisschrift 1884. Landwirtsch. Versuchsstat. Bd. XXXI, Heft I, 1884, S. 1.

[4]) NOBBE, BÄSSLER und WILL, Untersuchungen über die Giftwirkung des Arsen, Blei und Zink im pflanzlichen Organismus. Landwirtsch. Versuchsstat. Bd. XXX, Heft 5 u. 6

die Angiospermen schon bei 5 mg Zink pro Liter zugrunde gingen, und zwar starben ältere Pflanzen im allgemeinen schneller ab als jüngere.

Kenntlich macht sich die Giftwirkung durch eine auffallende Farbenänderung der kranken Pflanzen. Auf den Blättern erscheinen einzelne kleine Flecke von metallglänzender oder rostgelber Farbe, die schlieſslich sich über die ganze Blattfläche ausbreiten. Daſs das Zink ganz speziell den Chlorophyllapparat angreift und damit die Assimilationsarbeit behindert, wird durch die Beobachtung nahe gelegt, daſs Keimlinge mit noch nicht ausgebildeten Chlorophyllkörnern sowie Dunkelpflanzen und Pilze sich gegen relativ hochkonzentrierte Zinklösungen indifferent verhalten.

Auch in den Boden gebracht üben Zinkkarbonat und Zinksulphid eine schädliche Wirkung aus. An sich selbst schaden sie zwar nicht, obgleich sie in kohlensäurehaltigem Wasser in ziemlich beträchtlichen Mengen löslich sind, wobei das Zinksulphid sich zuerst in Zinkkarbonat umwandelt. Aber ihre verhängnisvolle Wirkung liegt in der Umsetzung, die das Zink in der Form von Vitriol mit den Kali-, Kalk- und Magnesiumsalzen eingeht, wodurch diese Nährstoffe löslich und auswaschbar werden. Auf armen Sandböden kann recht wohl dadurch Unfruchtbarkeit erzeugt werden, und in dieser Entführung von Nährstoffen liegt besonders die Schädlichkeit der Berieselung mit Abwässern aus Zinkhütten.

Die schädigende Löslichkeit des Zinks im Boden hängt wesentlich von dem Gehalt desselben an kohlensaurem Kalk ab. Bei Anwesenheit dieses Minerals in etwa vierfacher Menge des Schwefelzinks wird überhaupt kein Zink mehr in Lösung gebracht. Ein durch Zinksulfat verdorbener Boden wird durch Zufuhr solcher Stoffe, welche die löslichen Zinksalze unlöslich machen, zu verbessern sein. In dieser Hinsicht hat sich Humus ausgezeichnet erwiesen, und man wird deshalb eine Düngung mit Moorerde empfehlen können. Bei Mangel derselben wird reichlich Stalldünger, Ton oder Mergel zu verwenden sein. Mergel oder Kalk wird unter allen Umständen gegeben werden müssen.

Betreffs der Beschädigungen durch Bleisalze erwähnt Tschirch, daſs eine eigenartige Verzwergung zustande kommt. Die Pflanzen, welche 1 kg Mennige auf 2 qm Bodenfläche erhalten hatten, blieben klein und schmächtig und kamen nicht zur Blüte [Blei-Nanismus[1]]. Devaux[2]) fand, daſs Bleilösungen in 1/10000000 Verdünnung schon vergiftend wirken. Das Metall wird durch Membran und Zellinhalt fixiert.

Zur Reinigung von zinksulfathaltigen Abwässern wird sich die Einrichtung von Filtrierschichten von Kalksteingrus und Moorerde empfehlen; es bildet sich in diesen dann unlösliches kohlensaures und humussaures Zinkoxyd.

Eisensulfathaltiges Wasser.

Die Abwässer von Schwefelkiesgruben, Schwefelkieswäschereien und Steinkohlengruben, das Sickerwasser aus Steinkohlenschutthalden, die Abwässer von Drahtziehereien enthalten meist Eisensulfat. Nächst-

[1]) Tschirch, A., Das Kupfer vom Standpunkt der gerichtlichen Chemie usw. Stuttgart 1893, F. Enke.

[2]) Devaux, De l'absorption des poisons métalliques très dilués par les cellules végétaux. Compt. rend. 1901; cit. Just's Jahresber. 1902, II, S. 353.

dem ist der Gebrauch des Eisenvitriols als Desinfektionsmittel in Senkgruben zu berücksichtigen, wobei große Mengen von Schwefeleisen entstehen, die durch Oxydation an der Luft in Eisenvitriol und schwefelsaures Eisenoxyd sich umsetzen.

Ähnlich wie das Zink bei dem Zinksulfat wird das Eisenoxydul vom Boden festgehalten und zu Oxyd verwandelt, während eine entsprechende Menge anderer Basen, wie Kalk, Magnesia und Kali, an die Schwefelsäure herantritt und leicht ausgewaschen wird. Außer diesem Verarmungsprozesse des Bodens läuft dessen Anreicherung mit Eisenoxydoxydul nebenher, die Versauerung und Verschlammung einleitet. Sobald keine Basen mehr zur Umsetzung des Eisensulfats vorhanden sind, bleibt Eisenvitriol unzersetzt, oder es tritt auch freie Schwefelsäure auf.

So nützlich kleine Mengen [bis 150 kg pro Hektar nach König [1]] auf reichem Boden sein werden, indem die freiwerdende Schwefelsäure aufschließend wirken muß, so schädlich wird die fortgesetzte Zufuhr von Eisensulfat bei ständiger Berieselung von Wiesen sich gestalten. Die Versuche zeigen, daß, wenn den Nutzpflanzen anstelle der ihnen allein zusagenden basischen Salze saure Verbindungen — Eisensulfat ist stark sauer — geboten werden, eine Verschlechterung des Heues und Verringerung des Milchertrages die Folge ist. Von solchen Wiesen verschwinden allmählich die Kleearten und süßen Gräser (vielleicht mit Ausnahme von *Glyceria fluitans*), und saure Gräser, Schachtelhalme und Moose nehmen vom Boden Besitz.

Zufuhr von Kalkmilch bringt das Ferrohydroxyd unter Gipsbildung zur Abscheidung, und man wird durch Verwendung von Kalk die eisensulfathaltigen Abwässer reinigen können.

Kupfersulfat- und kupfernitrathaltige Abwässer.

Es wird sich hier um Abwässer aus Silberfabriken und Messinggießereien handeln. Einen Einblick in die Zusammensetzung derartiger Abflüsse gibt eine Analyse von Abfalllauge einer Messinggießerei, die Haselhoff [2]) veröffentlicht hat. Pro Liter fanden sich: Kupfersulfat 51,619 g, Kupfernitrat 5,298 g, Zinksulfat 14,045 g, Ferrosulfat 2,422 g, Calciumsulfat 1,943 g, Magnesiumsulfat 0,459 g, freie Schwefelsäure (SO_3) 30,376 g. Dies ist allerdings ein ganz exorbitanter Fall, der für einzelne Bestandteile hundertmal größer ist als der Gehalt der Wässer, die aus Kupferwerken und Silberfabriken abfließen. Für das Wesen der Schädigung ist aber die Menge der Bestandteile gleichgültig, da geringe Mengen durch andauernde Berieselung denselben Effekt hervorrufen. Die Art, wie Sulfat und Nitrat der Kupfersalze auf den Boden wirken, ist dieselbe wie bei den Zink- und Eisensalzen. Kupferoxyd wird im Boden festgehalten und bleibt hauptsächlich im Obergrund der Wiesen; die freiwerdende Schwefelsäure tritt an Kalk, Magnesia und Kali heran, und diese Salze gehen beim Berieseln in den Untergrund. Abgesehen von der Verarmung an basischen Nährstoffen wirkt das Kupfersulfat — Pflanzen, wie z. B. Gräser, nehmen ziemlich bedeutende Mengen von Kupfer- und Zinksalzen auf — schließlich auch als direktes Gift, soweit die Kulturversuche in Nährstofflösungen gezeigt haben [3]).

---

[1]) Denkschrift S. 175.

[2]) Haselhoff, Landwirtsch. Jahrb. 1892, S. 263 u. 1893, S. 848. Denkschr. S. 176.

[3]) Otto, R., Untersuchungen über das Verhalten der Pflanzenwurzeln gegen Kupfersalzlösungen. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893, S. 322.

Masayasu Kanda[1]) fand, dafs bei Wasserkulturen von Erbsen sich schon bei 0,000000249 % Kupfersulfat Schädigungen zeigten, dagegen in millionenfacher Verstärkung dem Boden zugeführt als Reizmittel wirkten. Bei Kulturen im natürlich gewachsenen Boden liegen eben die Verhältnisse günstiger. Nach Tschirch[2]) besitzen fast alle Pflanzen etwas Kupfer, da wohl alle Ackerböden Spuren davon enthalten dürften. Selbst aus reichlich gekupferten Böden nehmen die Gewächse meist aber nur wenig auf, so dafs die Gefahr einer Vergiftung keine drohende ist. Diese Anschauung findet auch in dem Umstande ihre Bestätigung, dafs bei dem überaus häufigen Gebrauch des Kupfervitriols als Spritzmittel gegen parasitäre Krankheiten eine starke Anreicherung des Bodens fortwährend stattfindet, ohne dafs Schäden mit Sicherheit bis jetzt nachgewiesen worden sind. Wir persönlich glauben allerdings, dafs eine Zeit kommen wird, in der sich eine stete Kupferzufuhr lähmend auf den Pflanzenwuchs geltend machen wird.

Ähnlich wie die bisher genannten wirken die nickel- und kobalthaltigen Abwässer, die in der Nähe von Nickelwalzwerken gefunden werden. Anhangsweise mag hier erwähnt werden, dafs schon 1819 John[3]) in seinem Buche „Über die Ernährung der Pflanzen" sich mit Sand- und Wasserkulturen beschäftigt hat, denen verschiedene Metallsalzlösungen zugesetzt worden waren. Er konstatierte dabei, dafs Sonnenblumen Kupfer, welches ihnen in der Form von unlöslichem Kupferkarbonat geboten wurde, nicht aufnahmen, dagegen Erbsen und Gerste grofse Mengen aus einem Boden speicherten, der tropfenweise salpetersaure Kupferlösung zugeführt bekommen hatte.

Auf die einzelnen Fabrikbetriebe näher einzugehen verbietet der Umstand, dafs lokale Verhältnisse bald nützliche Verwendung der Abwässer zulassen, bald schädigende Faktoren sich geltend machen. Hier spricht in erster Linie die entgiftende Eigenschaft der Erde durch ihre Absorptionskraft mit, worauf betreffs der Kupfersalze speziell Hattori[4]) aufmerksam macht.

Die Schäden der städtischen Spüljaucheberieselung sind bereits in dem Abschnitt „Rieselfelder" S. 364 erwähnt worden.

Neunzehntes Kapitel.

Schädliche Wirkungen von Kulturhilfsmitteln.

a. Anstreichmittel.

1. Teer. In Glashäusern der Gärtner findet sich vielfach das Gebälk auch im Innern mit Teer angestrichen, um die Widerstandsfähigkeit gegen den Einflufs der starken Feuchtigkeit zu erhöhen. Wir begegnen nun einer ganzen Reihe von Klagen, dafs nach dem Einräumen der Pflanzen in die geteerten Glashäuser Schwärzung und Abfallen der Blätter sich einstellt. Ich bemerkte dieselben Erscheinungen in der Nähe frisch geteerter Zäune. Der Befund stimmt im wesentlichen

---

[1]) Masayasu Kanda, Journ. College of Science. Tokyo, Vol. XIX, art. 13

[2]) Tschirch, A., Das Kupfer vom Standpunkt der gerichtlichen Chemie, Toxikologie und Hygiene. Stuttgart 1893, Fr. Enke. 8⁰. 138 S.

[3]) Müller, Carl, Zur Geschichte der Physiologie und der Kupferfrage. Zeitschrift für Pflanzenkrankh. 1894, S. 142.

[4]) Just's bot. Jahresber. 1902, Absch. Krankh. Ref. 277.

mit dem schon bei den Asphaltdämpfen geschilderten überein und erklärt sich aus den Exhalationen des frischen Teeranstrichs. Die schädlichen Folgen kommen nicht zum Vorschein, wenn man das Teeren einige Monate vor dem Einräumen der Pflanzen in die Glashäuser vornimmt. Ein Verfahren, das sich sehr gut bewährt hat, sah ich in der Umgebung von Berlin. Die Bretter und Balken wurden mit Steinkohlenteer behandelt und nach dem Trocknen des Teers mit Zementmasse überstrichen.

Neuerdings hat man mehrfach versucht, die Wege in Gärten und öffentlichen Schmuckanlagen durch eine dünne Schicht von Teer staubfrei zu erhalten. Das Verfahren wird sehr empfohlen[1]), und die in Frankreich und Italien ausgeführten Versuche haben ergeben, dafs man auch fertig gepflasterte Strafsen vorteilhaft in dieser Weise behandeln kann. Dieses Verfahren macht aber notwendig, dafs an den Kanten der Wege eine Einfassung, etwa ein 8—10 cm hohes Band von verzinktem Eisenblech, eingelassen wird, da die schädlichen Bestandteile des Teers sonst die Vegetation angreifen. Das Verfahren, das sich trotz seiner jährlich notwendigen Erneuerung doch billiger als das Asphaltieren und weniger lästig als das Ölen bzw. Behandeln der Strafsen mit Westrumit stellen soll, wird doch noch durch weitere Versuche zu prüfen sein.

2. Nach Mitteilung von Herrn Klitzing hat man in Ludwigslust auf Sandboden zur Wegefestigung Abfall aus Gasanstalten aufgefahren. Derselbe veranlafste ein Eingehen von Alleebäumen.

3. Als Anstrich für Glashäuser wurde in einem mir bekannt gewordenen Falle Bleiweifs benutzt, und, da kurze Zeit nach dem Anstreichen die Häuser mit Topfgewächsen bestellt werden mufsten, hat man die unangenehme Erfahrung gemacht, dafs die Pflanzen die Blätter abwarfen.

4. Bleioxyd verwandte Korff[2]) als Zusatz zu kochendem Leinöl, um experimentell den Einflufs von Öldämpfen zu prüfen. Veranlafst wurde er zu den Versuchen durch Schädigungen, welche in der Umgebung einer Leinöl- und Firnissiederei aufgetreten waren. Wie bei der Zersetzung der Fette durch Alkali ein Gemisch von fettsauren Alkalien, die Seife, entsteht, so bildet sich bei der Zersetzung von Fett mit Bleioxyd ein Gemisch entsprechender Bleisalze, das Bleipflaster. In beiden Fällen tritt als Nebenprodukt Glyzerin auf; bei starkem Erhitzen von Glyzerin oder von Fetten bildet sich der scharfe Dampf des Akroleïns, der nach angebranntem Fett riecht und durch Oxydation schnell in die durch stechenden Geruch sich bemerkbar machende Akrylsäure übergeht. Je nach der Natur der Pflanze entstanden bald in den Intercostalfeldern, bald an den Randpartien der Blätter gelbe, rote oder braune Flecke, die sich bei längerer Einwirkung vergröfserten und auch wohl zusammenflossen. Die Zellen des Blattmesophylls, namentlich des Schwammparenchyms waren durch Turgorverlust gröfstenteils zusammengesunken; der Zellinhalt war von der Wandung zurückgetreten, und die Chloroplasten bildeten grünlichgelbe bis bräunliche Massen. Schliefslich wurden der strukturlose Zellinhalt und die Wan-

---

[1]) Das Teeren von Fufs- und Fahrwegen in Gärten und Parks. Der Handelsgärtner, herausgeg. von Thalacker, Leipzig-Gohlis 1906. Nr. 50.

[2]) Korff, G., Über Einwirkung von Öldämpfen auf die Pflanzen. Prakt. Bl. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz 1906, Heft 6.

dungen braun. Besonders auffällig war die Abscheidung von Gerbstoff in den Epidermiszellen, deren Zellinhalt mit Eisenchlorid eine blauschwarze Färbung annahm. Das Fruchtfleisch von Äpfeln und Birnen, die vier Stunden lang den Öldämpfen ausgesetzt gewesen waren, zeigte einen ölig ranzigen Geschmack.

Da durch Kochen von Glyzerin erhaltenes Akroleïn dieselben Erscheinungen hervorrief, so dürfte die Schädlichkeit der Öldämpfe im wesentlichen diesem Stoffe zuzuschreiben sein.

5. Über den Einfluſs von Terpentindämpfen hat Molz[1]) Untersuchungen angestellt, da ihm ein Fall zur Begutachtung vorlag, in welchem Rebenblätter durch den frischen Ölanstrich eines Traubenhauses geschädigt sein sollten. Die Wirkung der Terpentindämpfe machte sich bei Weinblättern bereits nach einer halben Stunde durch schwache Randverfärbung und zunehmende Verkräuselung bemerkbar; Apfelblätter zeigten nach einer Stunde eine schwache rötliche Bräunung, nach drei Stunden eine tief dunkelrotbraune Verfärbung der Oberseite; Rebenblätter wurden olivenbraun. Bisweilen fanden sich einzelne grüne Inseln innerhalb der gebräunten Fläche, so daſs die Blätter gänzlich scheckig aussahen. Rosenblätter färbten sich olivengrün-braun, Birnenblätter glänzend schwarzgrau. Molz vermutet als Ursache einen Oxydationsvorgang, hervorgerufen „durch das Vorhandensein von Terpentinozon und dessen Wirkung auf bradoxydable Stoffe der Zelle“.

6. Karbolineum dient einerseits (ähnlich wie Teer) als Anstreichmittel für das Gebälk in Glashäusern, Mistbeetkästen, für Pfähle u. dergl., um die Widerstandskraft des Holzes gegen Nässe zu erhöhen, andererseits als Heilmittel bei Baumwunden und Vertilgungsmittel gegen schädliche Insekten. Die Urteile über die Wirksamkeit sind auſserordentlich geteilt, und dies kommt einerseits von einer unzweckmäſsigen Handhabung, andererseits davon, daſs „Karbolineum“ ein Sammelbegriff ist; die einzelnen Sorten sind je nach der Fabrik, welche das Produkt liefert, von verschiedener Zusammensetzung und Wirksamkeit.

Im allgemeinen gilt für die Benutzung des Karbolineums als Anstreichmittel dasselbe, was bei dem Teer gesagt worden ist. Wenn man Pflanzen in Räume mit nicht genügend ausgetrocknetem Karbolineumanstrich bringt, leiden dieselben, und zwar bisweilen unter Symptomen, die den durch Asphaltdämpfe hervorgerufenen gleichen. So berichtet beispielsweise Zorn[2]) in Hofheim (Taunus), daſs bei ihm pikierte Erdbeerpflanzen in den Mistbeeten, die nur äuſserlich mit Karbolineum gestrichen worden waren, eigenartig braune, stark glänzende, verkümmernde Blätter erhalten hatten. Bezüglich des Bestreichens der Spitzen von Weinpfählen macht die „Chronique agricole“[3]) darauf aufmerksam, daſs selbst, wenn solche Pfähle im Winter gestrichen werden und die jungen Triebe des Weinstocks im Frühjahr bereits über die gestrichene Zone hinausgewachsen sind, doch immerhin noch unliebsame Erscheinungen auftreten können. Es wurden an den Trauben, welche dicht dem getränkten Pfahle anlagen, einige Beeren mit schwarzbraunen Flecken gefunden, und diese Beeren zeigten einen leichten Teergeschmack. Auch erwiesen sich die getränkten Stellen des Pfahles weniger wider-

---

[1]) Bericht der Kgl. Lehranstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau zu Geisenheim a. Rh. 1905.

[2]) Praktischer Ratgeber im Obst- und Gartenbau 1905, Nr. 51.

[3]) Chronique agricole du canton de Vaud 1892, Nr. 10.

standsfähig gegen Pilzmycel als die mit Kupfervitriol behandelten. Bei einem im Herbst gestrichenen und den ganzen Winter über der Witterung frei ausgesetzt gewesenen Pfirsichspalier bemerkte man trotzdem im Frühjahr, dafs nach jedem Regen die jüngsten Triebspitzen wie verbrannt aussahen. Derartige Vorkommnisse sind keineswegs selten. Es sind die verdampfenden Phenole und ähnlichen Körper, welche den Schaden anrichten.

Seit dem Jahre 1899 ist das Karbolineum als Heilmittel in direkter Anwendung auf den Obstbaum zu verbreiteter Anwendung gelangt. Über die Erfolge lesen wir teils aufserordentlich lobende[1]), teils völlig absprechende Urteile. Der Grund liegt einerseits in der verschiedenartigen Ausführung der Versuche, andererseits in der wechselnden Zusammensetzung des Mittels, das ein aus den Produkten der Stein- und Holzkohlenteerverarbeitung hervorgehendes Gemisch ist. Wenn der Teer, der bei der Gasbereitung neben Leuchtgas, Koks und Ammoniakwasser aus der Steinkohle entsteht, noch einmal in Gasöfen erhitzt wird, so erhält man bis zu einer Temperatur von 150° C sog. Leichtöl, zwischen 150 bis 210° Mittelöl, zwischen 210 und 270° Schweröl und zwischen 270 und 450° Anthracenöl[2]).

Im Ofen bleibt das Pech zurück. Ganz ähnlich verhält sich der Holzteer. Bei der Karbolineumbereitung kommen nun die genannten Öle zur Verwendung, indem sie in bestimmten Prozentsätzen gemischt und mit Kolophonium, Asphalt, Leinölfirnis usw. versetzt werden. ADERHOLD gibt an, dafs zurzeit etwa 80 Karbolineumfabriken gegen 200 bis 300 Sorten in den Handel bringen. Die in der Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft von SCHERPE ausgeführten Destillationsversuche von 25 Sorten ergaben, dafs manchmal die (besonders schädlichen) Leicht- und Mittelöle fehlten und die Schweröle und Anthracenöle allein vorhanden waren, während bei anderen Sorten der umgekehrte Fall sich zeigte. Dementsprechend war auch der Erfolg bei der Behandlung der Wunden ein ganz verschiedener: während bei einigen normale Überwallung eintrat, zeigte sich bei anderen eine wesentliche Vergröfserung durch Absterben der Wundränder.

Aber abgesehen davon wird das Karbolineum als Wundverschlufsmittel selbst in den zähflüssigen, pech- und asphaltreichen Sorten den Vergleich mit dem einfachen Steinkohlenteer nicht aushalten, da ADERHOLD beobachtet hat, dafs wenige Wochen nach dem Bestreichen sich auf der Karbolineumfläche bereits wieder Pilzräschen angesiedelt hatten. Da nun die bestrichene Fläche auch unter dem Einflufs der Atmosphärilien platzt, so haben derartige Pilze eine gute Gelegenheit, einzuwandern.

Bezüglich der leichtflüssigen, also an Leicht- und Mittelölen reichen Karbolineumsorten, die zum Bestreichen der von Blut- und Schildläusen heimgesuchten Bäume warm empfohlen werden[3]), ist nicht zu verkennen, dafs ihre insektentötende Wirkung eine prompte, aber keine nachhaltig schützende ist. Neubesiedlung der bestrichenen Wunden durch Blutläuse ist mehrfach festgestellt worden. Hier kommt aber noch die vielfach beobachtete Beschädigung der Knospen, die bei dem Bestreichen oder Bespritzen der Bäume nicht zu vermeiden ist, hinzu, und die be-

---

[1]) MENDE, O., Zur Obstbaumpflege. Gartenflora 1906, Nr. 1.

[2]) ADERHOLD, R., Karbolineum als Baumschutzmittel. Deutsche Obstbauzeitung (Ulmer-Stuttgart) 1906, Heft 22.

[3]) R. BAUMANN, Geisenheim. Prakt. Ratgeber 1905, S. 459.

sonders den Ausdünstungen und direkten Einwirkungen der Leichtöle zuzuschreiben ist. Es wird also bei dieser Art der Verwendung eine Verdünnung des Mittels eintreten müssen. Empfohlen wird, sich der bereits im Handel befindlichen, in Wasser löslichen Karbolineumsorten zu bedienen und sie der Kalkmilch zu etwa 20 % zuzusetzen[1]; günstig wirkt auch schon ein Zusatz von 10 %[2]).

Man will auch eine direkt wachstumsfördernde Wirkung bei bestrichenen Stämmen beobachtet haben[3]) und hat eine Zunahme des Chlorophyllgehaltes der bestrichenen Rinde bei Anwendung einer bestimmten Sorte aus Braunschweig mikroskopisch festgestellt[4]). Wir glauben, daſs der Erfolg darin liegt, daſs bei dem Bestreichen glattrindiger Stämme häufig Risse in der Rinde entstehen, die nachher überwallt werden müssen. An den Überwallungsrändern ist eine gesteigerte Rindentätigkeit auch bei gewöhnlichen Schröpfwunden erwiesen.

Die Verwendung des Mittels als Anstrich für Bäume wird nur während der Ruhezeit derselben zulässig sein, und zwar mit einer erprobten Sorte, als welche „Schacht's Obstbaumkarbolineum" (20 bis 30 %ig) wiederholt genannt worden ist[5]). Eine Sommerspritzung würden wir niemals anraten. Als Wundschluſsmittel werden wir den Steinkohlenteer vorziehen, weil nicht nur die Aderhold'schen Erfahrungen, sondern auch die in Hohenheim von Schweinbez[6]) ausgeführten und unsere eigenen Versuche keinen Vorteil des Karbolineums gezeigt haben. Die Empfehlungen als Heilmittel gegen chronischen Gummifluſs beruhen mindestens auf Selbsttäuschung, wenn nicht auf Reklamebedürfnis.

Dasselbe Urteil fällt Schweinbez über die verwandten Mittel „Tuv", „Dendrin", „Baumschutz", „Neptun".

7. Lysol. Ähnlich wie jetzt das Karbolineum hat früher das Lysol seine begeisterten Anhänger und Zweifler gehabt. Das Lysolum purum von Schülke & Mayr in Hamburg, das ungefähr zu Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts in den Handel kam, ist eine durchsichtige, braune, sirupartige Flüssigkeit, die vollständig klar in reinem Wasser löslich bleibt und als Desinfektionsmittel die weitgehendste Verwendung gefunden hat. Bei der Ankündigung wurde gesagt, daſs nach Versuchen schon eine Menge von 3 g Lysol auf einen Liter Flüssigkeit hinreicht, „um in Zeit von 15—20 Minuten Spaltpilze in allen Entwicklungsformen, wenn sie in Flüssigkeiten suspendiert sind, zu vernichten". Wir haben es hier mit einer Lösung von Teerölen in neutraler Seife zu tun, und zwar mit den leichten Teerölen (Kresolen); denn sie gehen fast vollständig zwischen 187 und 200 ° über[7]). Gegenüber den anderen Handelsprodukten, wie Creolin, Kresolin, Littles Soluble Phenyle, welche als Lösungen von Harz- oder Fettseifen in Teerölen mit Wasser nur Emulsionen bilden und beim Verdünnen das Kohlenwasserstofföl groſsenteils wieder abscheiden, hat das Lysol allerdings den Vorteil der vollkommenen Wasserlöslichkeit,

---

1) Praktischer Ratgeber im Obst- und Gartenbau 1906, Nr. 49.
2) Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, herausg. v. Hiltner. 1906, November.
3) Gartenflora 1906, Nr. 3.
4) Graef, Über Karbolineumversuche im Jahre 1906. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1907, Heft 3.
5) Steffen in Prakt. Ratgeber 1906, Nr. 23.
6) Vom Karbolineum. Gartenflora 1906, S. 22.
7) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1891, S. 185.

teilt aber mit den vorgenannten Präparaten seinen schädlichen Einfluſs auf das Gewebe der Pflanzen. Es kam im Gartenbau am meisten als Spritzmittel gegen Blattläuse, Thrips, schwarze Fliege und dgl. tierische Schädlinge zur Verwendung. Schon die bald nach der Einführung des Mittels von Otto[1]) ausgeführten Kulturversuche ergaben, daſs die fünfprozentige Lysollösung, die gewöhnlich zur Desinfektion benutzt wird, im Boden sich als schweres Gift für die Pflanzen erweist, auch wenn es nicht direkt mit den Samen oder Keimpflanzen in Berührung kommt. Bei direkter Einwirkung auch in viel verdünnterer Form griff es die Wurzeln der Wasserkulturen ungemein scharf an. Als Schutzmittel gegen Blattläuse kam es in 0,25 und 0,5 %iger Lösung zur Verwendung. Dabei tötete es aber nur einzelne Blattläuse, und erst bei 2 %iger Lösung erschien die Mehrzahl der Tiere getötet; aber auch die Pflanzen waren derart geschwärzt und beschädigt, daſs sie als nicht mehr lebensfähig angesehen werden konnten.

8. Karbolsäure, Amylokarbol und Sapokarbol. Das Amylokarbol ist eine Mischung von Schmierseife, Fuselöl und reiner Karbolsäure; das Sapokarbol ist verseifte Karbolsäure.

Alle Karbolsäure enthaltenden Mittel sind gefährlich und meistens die Pflanzenteile direkt tötend. In Fleischer's[2]) Versuchen war von den vorstehenden Präparaten das Sapokarbol in 1 %iger Lösung gegen Blattläuse wirksam, ohne daſs die Blätter, mit wenigen Ausnahmen, durch das Bespritzen geschädigt wurden. In Verdünnungen, welche vollständig die Blattläuse töten, wirken auch Pinosol und Creolin, da beide in Wasser nur emulsiert werden, schädlich. Das Antinonnin, das Kaliumsalz des Orthodinitrokresols, ist nach Frank's Versuchen[3]) den Pflanzen mehr schädlich als den Blattläusen und anderen tierischen Schmarotzern.

9. An diese Beschädigungen schlieſsen wir einen Fall, den wir der Mitteilung von Herrn Klitzing-Ludwigslust verdanken. Er bemerkte, daſs die Rückstände aus einer Fabrik, welche Milchsäure zur Behandlung des Leders aus Mais und Kartoffeln herstellt, ein Eingehen der Pflanzen verursachten.

10. Die Arsenikbrühen, die als Insektenbekämpfungsmittel immer mehr in Aufnahme kommen, werden in der Regel in Form von Schweinfurter Grün oder Kalkarsenik gegeben. Sowohl bei den Lösungen in Wasser als auch in Kalkwasser oder Bordeauxmischung oder Soda-Arsenik-Kalkbrühe sind Schädigungen der Blätter beobachtet worden. Im übrigen verweisen wir auf die Spezialwerke[4]).

11. Blausäure. Als modernes, namentlich in Amerika ausgebildetes Bekämpfungsverfahren gegen tierische Schmarotzer an den Pflanzen ist neuerdings die Räucherung mit Blausäure in Aufnahme gekommen. Gegenüber vereinzelten Klagen über Beschädigungen der Pflanzen läſst sich im allgemeinen sagen, daſs diese von dem Gebrauch des Mittels

---

[1]) Otto, R., Über den schädlichen Einfluſs von wässerigen, im Boden befindlichen Lysollösungen usw. Vorl. Mitt. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1892, S. 70 ff.

[2]) Fleischer, E., Die Wasch- und Spritzmittel zur Bekämpfung der Blattläuse, Blutläuse u. ähnlicher Schädlinge usw. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1891, S. 325.

[3]) Krankheiten der Pflanzen 1895, Bd. I, S. 329.

[4]) Hollrung, M., Jahresbericht auf dem Gebiete der Pflanzenkrankh. Berlin, Paul Parey. Erscheint seit 1898. — Hollrung, M., Handbuch der chemischen Mittel gegen Pflanzenkrankheiten. Berlin 1898. Paul Parey.

nicht abhalten sollten. Für trockene Samen stellte Townsend[1]) fest, daſs die Keimfähigkeit nicht leidet, wenn die Einwirkung der gasförmigen Blausäure nicht länger dauert als zur Abtötung des Tierlebens nötig ist; längere Behandlung schädigt allerdings beträchtlich. Feuchte Samen leiden schneller und verlieren ihre Keimkraft.

12. Die Kupferbrühen. Dieselben kommen hier nur soweit in Betracht, als es sich um ihre Schädlichkeit handelt. Ihre Nützlichkeit als Fungicid, die im zweiten Teile dieses Werkes gewürdigt wird, beruht unserer Anschauung nach hauptsächlich darauf, daſs die Pilze Fermente ausscheiden, welche das auf den Pflanzenteilen angetrocknete Kupfersalz lösen und sich dadurch selbst vergiften. In erster Linie steht die Bordeauxmischung, die als Pilzbekämpfungsmittel unzweifelhaft groſse Bedeutung hat, als wachstumsfördernd, wie ihre begeisterten Verehrer nachweisen wollen, aber nicht anerkannt werden kann.

Man ist sich noch nicht einig, ob das Kupfer durch eine normale Cuticula bei allen Pflanzen hindurchdringen kann. Nach Bouygues[2]) soll dies nicht der Fall sein. Rumm[3]) konnte auch kein Kupfer in den Geweben bespritzter Blätter nachweisen und glaubt, eine günstige Wirkung nur auf einen chemotaktischen Reiz zurückführen zu müssen. Die infolgedessen auftretenden elektrischen Ströme sollen dann im Blattgewebe die günstigen Wirkungen veranlassen. Die Frage, ob und wie das Kupfer in das Innere eines Pflanzenteils gelangt, läſst sich nicht allgemein entscheiden, sondern muſs von Fall zu Fall in Betracht gezogen werden. Eine alte, mit starker Wachsglasur versehene Cuticula wird vielleicht nicht angegriffen werden, während das junge Blatt leiden kann. Aber auch bei älteren Blättern können in einem Falle Beschädigungen auftreten, in einem anderen Falle nicht, weil manchmal durch Witterungseinflüsse (Spätfrost) die Cuticulardecke Risse bekommt, in denen sich Kupferlösung lange Zeit halten kann. Endlich kommt die spezifische Empfindlichkeit der Pflanzenart ausschlaggebend hinzu, wie wir an späteren Beispielen zeigen werden.

Die ersten Zweifel an der wachstumsfördernden Eigenschaft der Kupfermischungen hatten wir auf Grund von im Jahre 1891 ausgeführten Bespritzungsversuchen zu erkennen gegeben[4]). Wir konnten eine Hemmung in der Entwicklung der Kartoffelpflanze gegenüber gesundbleibenden unbespritzten Pflanzen nachweisen. Der als Wachstumsförderung gedeutete gröſsere Gehalt gekupferter Blätter an Stärke und Chlorophyll wurde von Schander auf die Schattenwirkung des Kupferkalküberzuges zurückgeführt[5]). Ewert bestätigt den Einfluſs der Beschattung, aber macht darauf aufmerksam, daſs dies nicht der einzige hemmende Faktor sei[6]). Es kommen durch den Einfluſs der Kupfer-

---

[1]) Townsend, W. O., Über die Wirkung gasförmiger Blausäure usw. Bot. Gaz. XXXI; cit Bot. Jahresber. 1902, I, S. 354

[2]) Bouygues, H., La cuticule et les sels de cuivre I; cit. Centralbl. f. Bakt. usw. 1905, Nr. 24.

[3]) Rumm, C., Zur Frage nach der Wirkung der Kupferkalksalze usw. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1893, S. 445.

[4]) Sorauer, P., Einige Beobachtungen bei der Anwendung von Kupfermitteln gegen die Kartoffelkrankheit Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893, S. 32.

[5]) Schander, E, Über die physiologische Wirkung der Kupfervitriolkalkbrühe. Inaug.-Diss. Berlin 1904 und Landwirtsch. Jahrbücher 1904, Heft 4/5.

[6]) Ewert, Der wechselseitige Einfluſs des Lichtes und der Kupferkalkbrühen auf den Stoffwechsel der Pflanze. Landwirtsch. Jahrbücher 1905, S. 233.

mittel, speziell der Bordeauxmischung, Stauungen in der Abführung der Assimilate zustande; die beobachteten gröfseren Stärke- und Eiweifsmengen sind nicht Folgen einer gesteigerten Assimilation, die nachgewiesenermafsen nebst der Transpiration und Atmung herabgedrückt wird, sondern die Wirkung stockender Ableitung. Diese Anschauung, der wir beitreten, setzt allerdings voraus, dafs Kupfer tatsächlich in die Pflanze eintritt, und diese Ansicht findet darin ihre Bestätigung, dafs auch Forscher, welche ein Eindringen des Kupfers nicht annehmen, doch bei einer Anzahl ihrer Versuche die Kupferreaktion fanden (FRANK und KRÜGER). Aufserdem hat EWERT in bordelaisierten Pflanzen auch Kupfer nachgewiesen. Über den Vorgang der Aufnahme bringen wir später noch Notizen aus der Arbeit von SCHANDER.

Meiner Auffassung nach wird bei den gekupferten Pflanzen das durch Wunden oder durch die Epidermis eintretende Kupfer sofort von den Eiweifsstoffen des Protoplasmas gebunden und drückt damit das Zellenleben herab. Da die Bespritzungen keine vollständigen Benetzungen der ganzen Blattfläche darstellen, so bleiben zwischen den geschädigten Blattpartien stets gesunde stehen, und diese müssen nun eine gesteigerte Wachstumstätigkeit zeigen. Dieselbe äufsert sich bei reichlicher Zufuhr von Licht und Feuchtigkeit bisweilen in der Ausbildung von Intumescenzen. Der erste derartige Fall wurde von mir bei Kartoffeln beschrieben[1]). Später hat v. SCHRENK[2]) an Kohlpflanzen Intumescenzen infolge ihrer Behandlung mit Kupferammoniumkarbonat, Kupferchlorid, -acetat, -nitrat und -sulfat beobachtet. In neuester Zeit hat MUTH[3]) sehr starke Intumescenzbildung bei Weinblättern nach Kupferung gefunden.



Fig. 169. Ältere Frucht von Apfel mit braunen Flecken und Rissen. (Nach HEDRICK.)

Derartige Wirkungen können zustandekommen, wenn sich das Gewebe partiell vergiftet, ohne direkt zu sterben; sie treten aber auch ein, wenn eine Abtötung wirklich stattfindet, wobei die abgestorbenen Gewebestellen bei manchen Pflanzen aus dem Blatte herausfallen, so dafs eine Durchlöcherung sich geltend macht. Solche Fälle sind neuerdings von SCHANDER (l. c.) beschrieben worden. Es wird dabei erwähnt, dafs *Fuchsia* und *Oenothera* Säure ausscheiden, welche geringe Mengen von Kupferhydroxyd löst. Es können aber auch alkalische Ausscheidungen sich zeigen (*Phaseolus multiflorus*), oder das Kupfer wird nicht durch Ausscheidungen des Blattes, sondern einfach durch die Atmosphärilien, namentlich bei anhaltend feuchtem Wetter, gelöst.

---

[1]) Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1893, S. 122.

[2]) SCHRENK, H. v., Intumescences formed as a result of chemical stimulation. Sixteenth ann. report Missouri Bot. Gard. May 1905. Sonderabdruck.

[3]) MUTH, FRANZ, Über d. Beschädigung d. Rebenblätter durch Kupferspritzmittel. Mitteil. d. Deutsch. Weinbauvereins I. Jahrg. Nr. 1, S. 9.

Ruhland[1]) erklärt dagegen, daſs die Annahme von einer Lösung des Kupfers durch austretende Blattextrakte keine Berechtigung habe, sondern nur den Atmosphärilien zuzuschreiben sei.

Die Nachrichten über die Beschädigungen des Laubes durch Kupferbespritzungen haben schon begonnen, nachdem das Verfahren eine allgemeinere Ausbreitung gefunden hatte. Im Jahre 1891 wurde bei der Bekämpfung des Peach rot beobachtet, daſs nach der Anwendung von Bordeauxmischung nicht nur Blätter und Blumen abfielen, sondern auch das junge Holz beschädigt wurde[2]). Die Amygdalaceen und namentlich die Pfirsiche haben sich auch in der Folge als besonders



Fig. 170. Junge Apfelfrüchte mit einseitig behindertem Wachstum infolge Bespritzung mit Bordeauxmischung. (Nach Hedrick.)

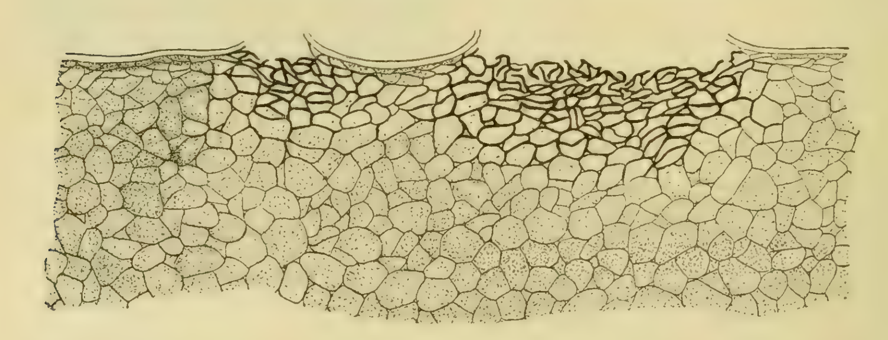


Fig. 171. Querschnitt durch die Randpartie eines von Bordeauxmischung beschädigten Baldwin-Apfels. (Nach Hedrick.)

empfindlich erwiesen. Bain[3]) zeigte bei seinen Versuchen mit Apfel-, Wein- und Pfirsichblättern, daſs dies mit der spezifischen Empfindlichkeit des Protoplasmas zusammenhängt. Das Pfirsichblatt, sagt er, hat die Fähigkeit, durch eine an der Oberfläche ausgeschiedene Substanz Kupferoxyd zu lösen. Junge Blätter leiden am meisten. Die be-

[1]) Ruhland, W., Zur Kenntnis der Wirkung des unlöslichen basischen Kupfers auf Pflanzen usw. Arbeiten d. Biol. Abt. f. Forst- u. Landwirtsch. beim Kaiserl Gesundheitsamt Bd. IV, 1904, Heft 2.

[2]) Report of the Secretary of agric. for 1891. Washington 1892, p. 364.

[3]) Bain, S. M., The action of copper on leaves etc. Agric. Exp. Stat. of the University Tenessee 1902, vol. XV.

schädigte Blattstelle wird durch Kork abgegrenzt und ausgestofsen (Schrotschufskrankheit), was ADERHOLD[1]) auch bei Kirschen beschrieben hat. Stark verletzte Blätter werden abgeworfen, während das Apfelblatt, ebenso wie das Weinblatt, die Fähigkeit besitzt, mit dem Rest seiner Lamina weiter zu assimilieren.

Nach den neuen Studien von HEDRICK[2]) sind Pfirsich, Aprikose und Japanische Pflaume die empfindlichsten Obstgehölze, während die gewöhnliche Pflaume nicht stärker wie Birne, Apfel oder Quitte angegriffen wird. Die einzelnen Varietäten verhalten sich verschieden; die bestgepflegten Exemplare mit den saftigsten Blättern leiden am stärksten. Von hervorragendem Einflufs sind die Witterungsverhältnisse, von denen die zartere oder derbere Ausbildung der Blätter und namentlich deren Cuticula abhängt. Den besten Beweis lieferte im Staate New York das Jahr 1905, dessen warme, neblige Frühjahrswitterung das Laub sehr zart bleiben liefs. Viele Apfelzüchter erklärten, sie hätten in diesem Jahre mehr Schaden wie Nutzen vom Bespritzen mit der Bordeauxmischung gehabt. HEDRICK führt Beispiele an, bei denen ein Spritzen bei darauffolgender anhaltend feuchter Witterung ungemein grofse Schäden hervorgerufen hatte, während acht Tage später, nachdem trocknes Wetter eingetreten war, die Bespritzung gar keine üblen Folgen gehabt hat.

Wir entlehnen obengenanntem Autor einige Abbildungen von Früchten und Blättern, die durch das Spritzen beschädigt worden sind. Auf den Früchten erscheint der Schaden zuerst in Gestalt kleiner brauner Fleckchen, die sich zu ausgedehnten Rostzeichnungen erweitern (Fig. 169). Wenn diese Oberhautverletzungen während der Schwellungsperiode eintreten, kann das Wachstum der Frucht unregel-

Fig. 172. Apfelblatt, das infolge von Bespritzung mit Bordeauxmischung tote Gewebestellen und Durchlöcherung zeigt. (Nach HEDRICK.)

[1]) ADERHOLD, R., Über Clasterosporium carpophilum usw. Arb. d. Biolog. Abt. d. Kais. Gesundheitsamtes 1902, Heft 5.

[2]) HEDRICK, U. P., Bordeaux injury. New York, Agric. Exp. Stat. Geneva. Bull. Nr. 287, 1907.

mäfsig werden (Fig. 170), oder es können bei jungen Äpfeln selbst klaffende Spalten entstehen. Derart beschädigte Früchte werden mehlig und faulen leicht.

Die mikroskopische Untersuchung der braunen Flecke zeigt, dafs die Cuticulardecke mit ihrer Wachsglasur zerstört ist (Fig. 171). Die benachbarten Epidermiszellen und das blofsgelegte Fruchtfleisch bekommen stark verdickte Wände von korkartigem Aussehen; sie können der Schwellung der Frucht nicht mehr folgen, und die Frucht reifst nunmehr ein. Der in den Rissen gebildete Wundkork nebst dem durch die Bordeauxmischung abgetöteten Gewebe bilden dann die eigenartigen „Rostfiguren", welche unsere Abb. 169 zeigt. Die Gröfse der Verletzung steigert sich mit der Zartheit der Schale, die die ersten Anfänge der Bräunung in der Regel um ein Haar oder eine Spaltöffnung herum erkennen läfst. Bei zunehmendem Alter der Früchte werden normalerweise die Haare abgeworfen und an Stelle der Spaltöffnungen entstehen Lenticellen; dabei verstärkt sich die Wachsglasur, und damit tritt eine Immunität der Früchte gegen das giftige Kupfer ein. Auch auf den Blättern entstehen braune Flecke, die bisweilen ausbrechen (Abb. 172). Am schwersten leiden natürlich die Blüten. Man kann mit Sicherheit annehmen, dafs bei diesen das Kupfer sich mit dem Zellinhalt verbindet. Betreffs der Herstellung der Bordeauxmischung, die im zweiten Bande unseres Werkes (S. 521) eingehender behandelt worden ist, wird die Bemerkung Hedrick's beachtenswert, dafs eine gröfsere Beigabe von Kalk die Beschädigungen kaum verringert.

Was von den Kupferkalkmischungen gilt, bezieht sich in erhöhtem Mafse auf die Azurine, bei denen zur Neutralisation des Kupfervitriols das Ammoniak benutzt wird. Je nach der Menge des benutzten Ammoniaks entstehen reine tiefblaue Lösungen, wie die „Bouillie Céleste" und das „Azurin Siegwart", oder es bleiben, namentlich bei stärkerer Verdünnung, basische Kupferverbindungen als Niederschlag wie bei dem „Kristall-Azurin Mylius". Je mehr Ammoniak verwendet wird, desto näher rückt die Gefahr des Verbrennens der Blätter [1]).

Anaesthetica.

In Rücksicht auf die sog. „Äthertreiberei", d. h. das Verfahren, die Pflanzen zur Beschleunigung ihres Austreibens Ätherdämpfen auszusetzen, müssen wir uns auch mit den Anaestheticis beschäftigen. Der günstige Erfolg, der namentlich bei der Frühtreiberei von Flieder bei richtiger Anwendung des Verfahrens erzielt werden kann, steht aufser Zweifel; aber bei anderweitiger Verwendung machen sich nachteilige Folgen bemerkbar. Die durch mehrfache Versuche nachgewiesene Wirkung von Äther, Chromäther, Chloroform, Stickstoffoxydul, Morphium, Cocaïn usw. besteht in der Lähmung der vollen Entfaltung der protoplasmatischen Tätigkeit. Erleidet dabei das Protoplasma in seiner physikalischen oder chemischen Struktur eine dauernde Schädigung, so folgt der Tod; im anderen Falle kehrt die Pflanze allmählich wieder zu ihrer normalen Tätigkeit zurück [2]). Natürlich hängt die Wirkung

---

[1]) Kulisch, P., Über die Verwendung der „Azurine" zur Bekämpfung der Peronospora. Landwirtsch. Z. f. Elsafs-Lothringen 1907, Nr. 26.

[2]) Kaufmann, C., Über die Einwirkung der Anaesthetica auf das Protoplasma und dessen biologisch-physiologische Eigenschaften; cit. Just's Jahresber. 1900, II, S. 301.

davon ab, in welchem Zustande sich das Protoplasma befindet. So hat Coupin[1]) nachgewiesen, dafs selbst eine mit Chloroform und Äther gesättigte Atmosphäre keinen Einflufs auf das Protoplasma von Samen, die sich im Ruhezustande befinden, auszuüben vermag. Ist dagegen die Lebenstätigkeit derselben durch Anfeuchtung erweckt, genügen schon sehr kleine Dosen ($^{37}/_{100000}$), um Schaden zuzufügen. Doch ist die hier angeführte Zahl nicht als Norm anzusehen; denn abgesehen von der Individualität der Pflanzenspezies, kann auch dieselbe Spezies durch Anpassung eine verschiedene Widerstandsfähigkeit entwickeln. So gibt beispielsweise Townsend[2]) an, dafs Sporen von *Mucor* und *Penicillium*, die in einer starken Ätheratmosphäre zur Reife gelangten, ebenso schnell keimten und neue Sporen hervorgebracht haben, als wenn sie in einer ätherfreien Atmosphäre gekeimt wären. Derselbe Beobachter erwähnt, dafs hier und bei anderen Giften, sehr schwache Dosen anregend und die Keimungsdauer abkürzend wirken, während stärkere Dosen schaden.

Über die Art der Einwirkung erhalten wir einen Einblick durch die Beobachtungen von Markowine[3]), der aus seinen Versuchen den Schlufs zieht, dafs bei einer längere Zeit anhaltenden Wirkung anästhesierender Dämpfe die Atmung beträchtlich gesteigert wird. Unter dem Einflufs von Alkoholdampf sah er die Atmung etiolierter Pflanzen sich um das Anderthalbfache erhöhen; noch stärker wirkte Äther.

Wir dürfen also hier eine spezifische Reizwirkung annehmen. Diese Ansicht wird von Behrens[4]) vertreten, der auch die beschleunigte Keimfähigkeit der Samen nach mechanischen Verletzungen, welche Hiltner der erleichterten Wasseraufnahme zuschreibt, als Reizwirkung auffassen möchte. Behrens stützt sich dabei auf Versuche mit verletzten Samen, bei denen die Wundstelle sofort mit Kolophoniumwachs verklebt worden war. Obwohl die Wasseraufnahme dieser Körner im Vergleich mit normalen Körnern nicht gesteigert erschien, ergab sich dennoch eine erhebliche Wachstumssteigerung. Die Versuche mit dem Anfeilen und sonstigen absichtlichen Verletzungen hartschaliger Samen beweisen jedoch, dafs auch die mechanische Erleichterung des Wassereintritts an sich keimungsfördernd wirkt.

Schädigungen durch Düngemittel.

1. Chilisalpeter. Bei dem Gebrauch von Chilisalpeter sind vielfach unangenehme Nebenwirkungen und Nachwirkungen beobachtet worden. Die Ursache wurde zum Teil in dem Vorhandensein von Kaliumperchlorat gefunden. Die zahlreichen Kulturversuche stellten fest, dafs namentlich Getreide sich empfindlich erweist und bei 2% Perchlorat schon auffällige Schädigungen erkennen läfst, während Luzerne, Erbsen und Senf diese Konzentration noch vertragen können. Bei Roggen wurde sogar noch ein Verkümmern der Pflanzen beobachtet,

---

[1]) Coupin, H., Action des vapeurs anesthésiques sur la vitalité des graines sèches et des graines humides; cit. Just's Jahresber. 1900, II, S. 301.

[2]) Townsend, C. O., The effect of ether upon the germination of seeds and spores; cit. Just's Jahresber. 1899, II, S. 142.

[3]) Markowine, N., Recherches sur l'influence des anesthésiques sur la respiration des plantes; cit. Just's Jahresber. 1899, II, S. 143.

[4]) Behrens, Bericht d. Grofsherzogl. Badischen Landwirtsch. Versuchsanstalt Augustenberg f. d. Jahr 1906.

wenn derselbe als Nachfrucht gebaut wurde[1]). Hackfrüchte, Zuckerrüben wurden durch 2 % Perchlorat auf 200—500 kg Salpeter pro Hektar nicht geschädigt[2]). JUNGNER und GERLACH[3]) beschreiben die Formveränderungen bei Weizen- und Roggenkeimpflanzen folgendermafsen. Das Primordialblatt bleibt längere Zeit teilweise zusammengerollt und hält das zweite Blatt zunächst so fest umschlossen, dafs dasselbe nur schwer mit seiner Spitze sich lösen kann und infolgedessen eine Öse oder Schleife bildet, wobei es querfaltig wird und sich um seine eigne Achse rollt, schliefslich wohl auch zerreist. Gleichzeitig erfolgen ein Vergilben der Blattspitzen und bedeutendes Nachlassen der Streckung der ganzen Pflanze. Je nach der Menge des vorhandenen Perchlorats wird sogar schon eine Verzögerung der Keimung eintreten können; bei schwachen Dosen ist dieselbe nicht beobachtet worden. Die Schleifenbildung der Blätter durch Steckenbleiben der Spitzen in der Scheide des nächstälteren scheint ein beachtenswertes Merkmal des Getreides bei Perchloratvergiftung zu sein. Charakteristisch ist es jedoch nicht, da ähnliche Erscheinungen bei *Tylenchus devastatrix* auftreten[4]).

DAFERT und HALLA[5]) beschreiben einen Fall vom Auftreten von freiem Jod im Chilisalpeter, der dadurch einen Geruch nach Jodoform erhielt. Der Salpeter enthielt 0,31 % $KClO^4$ und 0,04 % KJO^3. Die Gefahr für die Praxis ist aber in solchen Fällen gering, da man die Säcke mit Chilisalpeter nur längere Zeit zu lüften braucht, damit das Jod verdampfen kann. Dafs die Jodide von Mangan, Kalium, Natrium und Lithium schädlich wirken, während die Oxyde sich als günstig erweisen, hat u. a. VOELKER[6]) gezeigt. — Anknüpfend an seine früheren Versuche, aus denen die Schädlichkeit gröfserer Mengen von Jod- und Bromnatrium und Chlorlithium, dagegen eine Förderung der Keimung bei Befeuchtung der Samen mit schwächeren Lösungen hervorgeht, schliefst MAZÉ[7]), dafs die Zelle zur vollen Entfaltung ihrer Funktionen der Anregungen durch solche Salze bedarf. Ähnliche Erfahrungen über Schädigungen durch stärkere und Förderung des Wachstums durch sehr schwache Konzentrationen von Fluornatrium haben ASO[8]) und betreffs des Jodkaliums SUZUKI[9]) gemacht und sind auch anderweitig mehrfach beobachtet worden. Ebenso meldet MIANI[10]) für Kupferlösungen fördernde Wirkungen.

---

[1]) ULLMANN, MARTIN, In welchem Grade ist Kaliumperchlorat ein Pflanzengift? Die Regelung des Verkehrs mit Chilisalpeter. Meffe 1901. Cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1903, Heft 7.

[2]) STOKLASA, Beiträge zur Kenntnis des schädlichen Einflusses des Chilisalpeters auf die Vegetation. Z. f. d. landwirtsch. Versuchswesen in Österreich 1900, S. 35.

[3]) JUNGNER und GERLACH, Versuche mit Kaliumperchlorat. Jahresber. d. landw. Versuchsstation in Jersitz bei Posen 1897/98, S. 29.

[4]) KRÜGER, FR., u. BERJU, G., Ein Beitrag zur Giftwirkung des Chilisalpeters. Centralbl. f. Bakt. II, 1898, Bd. IV, S. 674.

[5]) DAFERT, F. W., u. HALLA, AD., Über das Auftreten von freiem Jod im Chilisalpeter. Z. f. d. landw. Versuchswesen in Österreich 1901.

[6]) VOELKER, A., Über den Einflufs von Mangansalzen sowie von Jodiden und Oxyden von Mangan, Kali, Natrium und Lithium auf Gerste und Weizen. Journ. Royal. Agric. Soc. of England, vol. 64 u. 65; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1905, S. 715.

[7]) MAZÉ, Einflufs der in den Pflanzen in geringer Menge enthaltenen Mineralstoffe auf das Pflanzenwachstum. Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie 1902, S. 686.

[8]) ASO, Bull. Coll. Agric. Tokyo; cit. Bot. Jahresber. 1902, S. 353.

[9]) SUZUKI. S. ibid.

[10]) MIANI, D., Über Einwirkung von Kupfersulfat auf das Wachstum lebender Pflanzenzellen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1901, Heft 7.

2. Superphosphat. In Kürze zu gedenken ist des Zurückgehens der Phosphorsäure im Superphosphat und Thomasmehl in manchen Böden, die reich an Kalk und Eisenoxyd sind. In saurem Moorboden und humusreichem, saurem Wiesenboden überwiegt der die Phosphorsäure löslich erhaltende Prozefs; denn Wasser, Kohlensäure, Humussäure und einige Salze wirken lösend. Im humushaltigen, nicht sauren Sandboden halten der lösende und der die gelöste Phosphorsäure wieder in schwer lösliche Formen überführende Prozefs einander ungefähr das Gleichgewicht. Aber in kalkhaltigen und eisenhaltigen Lehmböden erhält der Prozefs des Zurückgehens, d. h. der Überführung der löslichen Phosphorsäure in schwerer lösliche Phosphate das Übergewicht. Unter solchen Umständen wäre eine Frühjahrsverwendung von Thomasmehl nicht anzuraten.

3. Gasphosphat. In den Gasfabrikationsabfällen findet sich in verschiedenen Mengen Rhodanammonium vor. Dasselbe hat eine erhöhte wirtschaftliche Bedeutung dadurch erlangt, dafs man durch Reinigung des Leuchtgases mit Superphosphat ein stickstoffhaltiges Düngemittel hergestellt hat, welches als „Gasphosphat" in den Handel gebracht worden ist. Das saure Phosphat hat aus dem Leuchtgasstrom das Ammoniak aufgenommen, aber dabei zugleich auch das Rhodanammonium behalten. Bei der vielseitig nachgewiesenen Giftigkeit dieser Verbindung hat man versucht, durch Waschen des Gasphosphats mit einer konzentrierten Lösung von Ammoniumsulfat, in welchem die Rhodanverbindungen leicht löslich sind, das Düngemittel zu reinigen. Man konnte dadurch den Gehalt desselben bis auf 0,9 % Rhodanverbindungen herabmindern und hat infolgedessen die direkte Anwendung dieses Düngers, der sich in der Tat durch hohen Phosphorsäure- und Stickstoffgehalt auszeichnet, empfohlen.

Die Versuchsresultate waren einander widersprechend insofern, als auf Sandboden günstige Ergebnisse, auf lehmigen Böden nachteilige Wirkungen beobachtet worden sind. Dies legte die Vermutung nahe, dafs im Sand eine schnellere Zersetzung des Rhodanammoniums in Ammoniak bzw. Salpetersäure und Schwefelsäure eintritt und dadurch die Giftwirkung aufgehoben wird. Die Vermutung wird durch andere Versuche bestätigt, welche dartun, dafs bei dem Einbringen des Düngers mehrere Wochen vor der Aussaat sich keine Schädigungen, bei gleichzeitiger Saat aber arge Verluste zeigen. Dasselbe Ergebnis stellte sich bei Benutzung eines Staubes aus Hochöfen heraus, der 1 % Rhodan enthielt.

Die neuen Versuche von Haselhoff und Gössel[1]) lassen keinen Zweifel an der Giftigkeit des Rhodanammoniums, dessen Zersetzung selbst in einem Sandboden nicht so leicht vor sich geht, wie frühere Versuche zu ergeben schienen. Schon so geringe Mengen, wie 0,0025 %, rufen eine erhebliche Verzögerung der Keimung hervor, und da auch das gereinigte Gasphosphat noch immer 0,76 % Rhodanammonium enthält, so möchten die genannten Forscher dasselbe, zumal bei der Schwerlöslichkeit der Phosphorsäure, als Düngemittel überhaupt nicht empfehlen.

4. Schwefelsaures Ammoniak. Im Anschlufs hieran sei eines bisher unbekannten Falles der Schädigung durch Schwefelsaures Ammoniak gedacht. Ein Waggon voll Pflanzen (Azaleen) zeigte beim

[1]) Haselhoff, E., u. Gössel, F., Versuche über die Schädlichkeit des Rhodanammoniums für das Pflanzenwachstum. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1904, S. 1. Hier auch die frühere Literatur.

Öffnen, daſs die Blätter teilweise geschwärzt, wie nach Ammoniakdämpfen, waren. Die Nachforschungen ergaben, daſs vorher der Waggon zum Transport von Schwefelsaurem Ammoniak benutzt worden war. Die daraufhin angestellten Versuche zeigten, daſs bei Vorhandensein von Kalk sich freies Ammoniak entwickelt. Ebenso wird frisches Schwefelsaures Ammoniak, das nicht genügend getrocknet und neutralisiert ist, Ammoniak entwickeln können, das ähnlich dem in dem Abschnitt über Ammoniakdämpfe geschilderten Falle in den Wänden haften und nachträglich schädigen kann.

5. Kalkstickstoff. Dieses junge Produkt unserer Düngerindustrie gibt augenblicklich noch zu mannigfachen Klagen Veranlassung. Das zunächst zur Herstellung eines sehr hellen Leuchtgases, des Acetylens, verwendete, aus der gegenseitigen Einwirkung von Kalk und Kohle im elektrischen Ofen gewonnene Calciumkarbid wird in hermetisch verschlossenen, eisernen Muffeln bei intensiver Hitze der Einwirkung von Stickstoff ausgesetzt und liefert dann den Kalkstickstoff als ein verunreinigtes Calciumcyanamid mit etwa 20—24 % N. Dieser Kalkstickstoff oder das Calciumcyanamid hat die Eigenschaft, durch Erhitzen mit Wasser unter Druck seinen ganzen Stickstoff in Gestalt von Ammoniak abzugeben. Durch Einleiten des Ammoniaks in Schwefelsäure ist die Möglichkeit gegeben, den wertvollen Dungstoff, das Schwefelsaure Ammoniak, herzustellen. Der „Kalkstickstoff" ($CaCN^2$) enthält ungefähr 20—21 % Stickstoff, 40—42 % Calcium und 17—18 % Kohlenstoff neben Verunreinigungen von Kieselsäure, Ton, Spuren von Phosphorsäure usw. Durch Entfernen des Kalkes entstehen Cyanamyd (CN, NH^2) und das homologe Dicyandiamid [$C^2N^2(NH^2)^2$].

Der in dem stark alkalisch reagierenden Kalkstickstoff vorhandene Kalk existiert teils in gebundener Form als Calciumcyanamid, teils ist er frei. Aus diesem Grunde darf er nicht mit Superphosphat zusammengebracht werden, da die Phosphorsäure dadurch unlöslich gemacht würde. Die Vorschriften für den Gebrauch sind etwa folgende [1]). Das pro Hektar anzuwendende Quantum beträgt je nach der Beschaffenheit des Ackers 150—300 kg, entsprechend 30—60 kg Stickstoff. Zur Vermeidung des Staubens vermischt man den Kalkstickstoff mit der doppelten Menge trockner Erde. Das Ausstreuen soll 8—14 Tage vor der Aussaat erfolgen, und dieser Dungstoff muſs sogleich 3—5 Zoll in den Boden gebracht werden, damit derselbe das durch die Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit freiwerdende Ammoniak aufnehmen und nitrifizieren kann.

Die Ammoniakentwicklung aus dem Kalkstickstoff geht durch Bakterienarbeit vor sich [2]).

Die in Vegetationsgefäſsen ausgeführten Düngungsversuche haben die Möglichkeit gezeigt, dieselbe Düngewirkung durch Kalkstickstoff wie durch Salpeterstickstoff und durch Ammoniakstickstoff zu erzielen; bei den bisherigen Feldversuchen hat der Kalkstickstoff etwa 74 % der Wirkung des Salpeterstickstoffs entwickelt [3]).

---

[1]) Brahm, Der Kalkstickstoff und seine Verwendung in Gartenbau und Landwirtschaft. Gartenflora, Berlin 1906, Heft 10.

[2]) Löhnis, F. Über die Zersetzung des Kalkstickstoffs. Centralbl. f. Bakt. 1905, II, Bd. XIV, S. 87. — Behrens, J., Versuche mit Kalkstickstoff. Bericht der Groſsherzogl. Bad. landw. Versuchsanstalt Augustenberg 1904, Karlsruhe 1905, S. 36.

[3]) Gerlach u. Wagner, P., Gewinnung u. landwirtschaftliche Verwendung des Salpeterstickstoffs. Verhandl. d. Winterversammlung 1904 d. Deutsch. Landwirtsch. Ges. Jahrb. d. D. L. G. Bd. 19, S. 33—39.

Die herbsten Schädigungen erleidet der Landwirt, wenn er bald nach dem Ausstreuen des Kalkstickstoffs die Aussaat vornimmt; von Getreide pflegen dann nur meist diejenigen Körner aufzugehen, die an der Wegkante der Felder liegen. Ist dieser erste Stofs überwunden, pflegt sich bald die reiche Ammoniakzufuhr durch besonders dunkles Grün der Pflanzen kenntlich zu machen. Die Schädigung besteht in einer Austrocknung des Blattparenchyms und kümmerlicher Wurzelentwicklung[1]).

So wenig man den Kalkstickstoff direkt vor der Aussaat geben darf, so wenig bewährt er sich als Kopfdüngung. Ungünstig wirkt dieser Körper auch auf gewisse Böden, selbst wenn er vorschriftsmäfsig untergehackt wird. Remy[2]) fand die günstigste Wirkung auf tonreichen Böden; auf Sandböden dagegen ist seine Wirkungsgeschwindigkeit erheblich geringer und die direkt schädliche Beeinflussung der Keimung viel anhaltender. Er sah erst drei Monate nach der Düngung die schädliche Wirkung auf Sandböden ganz verschwinden. Alle Böden, welche zur Säurebildung neigen, beeinträchtigen die normale Bildung von Ammoniak. Tacke hat nachgewiesen, dafs auf saurem Moorboden die Umwandlung in Ammoniak derartig gehindert wird, dafs dort eine Kalkstickstoffdüngung unterbleiben mufs. Andererseits kann bei viel Kalk im Boden die Ammoniakbildung so schnell vor sich gehen, dafs namhafte Verluste durch Ammoniakverdunstung entstehen. Auf Hochmoorboden zeigen sich Giftwirkungen, die nach Gerlach darauf zurückzuführen sein dürften, dafs bei der Zersetzung des Calciumcyanamids unter Abspaltung von Kalk binnen wenigen Tagen gröfsere Mengen des giftigen Dicyandiamids entstehen.

Die solche Nachteile umgehende Überführung des Ammoniaks in Schwefelsaures Ammon verbietet sich aus wirtschaftlichen Gründen, da der Stickstoff dadurch zu teuer würde.

Zu diesem neuen Düngemittel, dem „Kalkstickstoff“, ist bereits ein noch neueres getreten, nämlich der „Stickstoffkalk“, der frei von Cyanverbindungen ist und der 22 % Stickstoff, 19 % Kohlenstoff, 6 % gebundenes Chlor und 45 % Calcium enthält. Die Vegetationsversuche von Böttcher[3]) haben ergeben, dafs hierbei aber dieselben Vorsichtsmafsregeln geboten sind wie bei dem Stickstoffkalk. Er darf auch nicht kurz vor der Aussaat und nicht als Kopfdüngung gegeben werden, weil er dann schädigt[4]).

Betreffs des Ammoniakstickstoffs möchten wir nicht vergessen, darauf aufmerksam zu machen, dafs auch dieser unter Verhältnissen, in denen die nitrifizierenden Bakterien nicht genügend arbeiten, schädlich werden kann. Für schwere Böden, die mehr Wasser halten, also das Ammoniak reichlicher in Lösung bringen, liegt keine Gefahr vor, aber bei Sandböden kann die behinderte Löslichkeit zu direkten Ätzerscheinungen führen[5]).

---

[1]) Perotti, R., Über die Verwendung des Calciumcyanamids zur Düngung. Staz. sper. agrar. Ital. 1904, Bd. XXXVII; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1905, S. 814.

[2]) Blätter f. Zuckerrübenbau, 31. Mai 1906.

[3]) Deutsche landw. Presse 1906, Nr. 34.

[4]) Blätter f. Zuckerrübenbau 1906, Nr. 10.

[5]) Mazé, Untersuchungen über die Einwirkungen des Salpeterstickstoffs und des Ammoniakstickstoffs auf die Entwicklung des Mais. Annal. agron. t. 26; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1901, S. 588.

Fünfter Abschnitt.

Wunden.

Zwanzigstes Kapitel.

Wunden des Achsenorganes.

Allgemeines.

So verschiedenartig die zufällig oder absichtlich dem Baumstamm zugefügten Verwundungen auch sind, so übereinstimmend im wesentlichen ist bei allen der Heilungsprozefs.

Wir sehen, dafs in allen Fällen, in denen die Verwundung der Achse so weit geht, dafs der Holzkörper an der Bildung der Wundfläche beteiligt ist, das zwischen Holz und Rinde liegende Cambium, welches bei ungestörter Entwicklung das Dickenwachstum des Stammes vermittelt, sowie die aus dem Cambium unmittelbar hervorgegangenen, jungen Gewebeelemente (— die wir im folgenden mit in die Bezeichnung „Cambium" hineinziehen —) es sind, welche die Heilung der Wundfläche des ausgewachsenen Stammteils allein übernehmen. Bei krautartigen Stämmen oder noch krautartigen Entwicklungszuständen holziger Achsen können auch andere Gewebeformen sich an der Wundheilung beteiligen, wie bei Besprechung der einzelnen diesbezüglichen Fälle später gezeigt werden wird.

Die Bildungen aber, welche aus dem Cambium bei der Wundheilung hervorgehen, weichen in ihrem Bau wesentlich von dem des normalen Holzringes ab. Die Ursache dieses abweichenden Baues des Wundholzes ist darin zu suchen, dafs die Druckverhältnisse, unter denen das zur Wundheilung dienende Gewebe entsteht, gänzlich andere als bei der Bildung des normalen Holzkörpers sind.

Anlehnend an die Untersuchungen von G. Kraus mag zunächst daran erinnert werden, dafs jeder Stamm und Zweig durch das verschiedene Wachstum seiner einzelnen, mit einander verbundenen Gewebeformen bedeutende Spannungen in seinem Innern besitzt. Die von Hofmeister [1]) begonnenen, von Sachs [2]) erweiterten und von Kraus [3]) besonders umfassend durchgeführten Experimente über die Gewebespannung haben bewiesen, dafs das Längenwachstum jedes Achsengliedes (Internodium) unserer Bäume von zwei Faktoren geregelt wird. Das zentrale Gewebe des Sprosses, speziell das Mark, ist der streckende Faktor [4]), das in die Höhe treibende Gewebe des Sprosses;

---

[1]) Hofmeister, Über die Beugung saftreicher Pflanzenteile durch Erschütterung. Ber. d. Kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. 1859, S. 194.

[2]) Sachs, Experimentalphysiologie, S. 465—514.

[3]) Gregor Kraus, Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen. Botan. Zeit. 1867, Nr. 14ff.

[4]) Schon Hales adoptiert nach Kraus (a. a. O. S. 141) die von Borelli in seinem Buche „de motu animalium" geäusserte Ansicht, „dafs der junge Sprofs wächst und sich streckt durch Ausdehnung der Feuchtigkeit in dem schwammigen Mark."

es wird in seinem ganz bedeutenden, bei der Trennung von dem übrigen Gewebe recht deutlich hervortretenden Streben, sich zu verlängern und das umgebende Gewebe mit in die Höhe zu ziehen, gemäfsigt und zurückgehalten durch den Zug, den die sehr elastisch gewordenen, peripherischen Gewebepartien des Rindenkörpers ausüben. Diese verkürzen sich, wenn man sie isoliert; sie verkürzen sich auch in ihrer natürlichen Lage am Baume regelmäfsig des Nachts durch radiale Schwellung infolge einer Aufnahme von Wasser[1]).

So lange der Sprofs also wächst, entwickelt sich eine bedeutende Längsspannung durch den Kampf der streckenden Gewalt des Markes mit dem Bestreben der Umgebung, zumal des Rindenkörpers, sich und das umliegende Gewebe zusammenzuziehen. Der Erfolg des Kampfes dokumentiert sich auch in der Länge der Markzellen innerhalb eines Internodiums. Die Zellmessungen haben gezeigt, dafs die Markzellen anfangs länger sind, als später und dafs mit ihrer späteren Verkürzung eine sehr starke Verbreiterung verbunden ist. Diese Verbreiterung ist die Folge des endlichen Überwiegens des peripherischen Zuges. Mit der Vollendung des Längenwachstums des Internodiums tritt die Querspannung in den Vordergrund.

Es ist leicht verständlich, dafs nach Beendigung des Längenwachstums eines Pflanzenteils andere Spannungen eintreten müssen, wenn man bedenkt, dafs der fertig gestreckte Stammteil sich jetzt dauernd verdickt und dafs diese Verdickung von der Umwandlung der zwischen Rinde und Holz liegenden Cambiumzellen zu neuen Holz- und Rindenelementen herrührt.

Wenn im folgenden Jahre der einjährige Sprofs neue Holzlagen auf die vorjährigen schichtet, müssen diese neuen Holzlagen sich Platz unter dem Gürtel, den die Rinde und deren äufsere Korkschichten bilden, zu verschaffen suchen. Platz ist aber nur zu gewinnen durch Auseinanderpressung des Rindenmantels, der jedoch nicht widerstandslos nachgibt. Dieser Widerstand macht sich geltend als Druck, und so finden wir während des Dickenwachstums eines Sprosses das zarte Gewebe des Cambiums geprefst auf der einen Seite durch das Ausdehnungsbestreben des fertigen und jungen Holzkörpers, gedrückt auf der Aufsenseite durch den schnürenden Einflufs des nur sehr starken Kräften nachgebenden Rindenmantels.

Unter diesem zweifachen Drucke bilden sich aus dem Cambium die Elemente des Holzkörpers, nämlich die langgestreckten, dickwandigen, inhaltsarmen oder schliefslich inhaltslosen Holzzellen sowie die Gefäfse und gefäfsähnlichen Zellen.

Durch die Untersuchungen von de Vries[2]) ist nun experimentell festgestellt worden, dafs das Holz um so engzelliger (und gefäfsärmer) wird, je gröfser der Rindendruck ist. De Vries erhöhte durch Umlegung eines festen Bandes den schnürenden Einflufs des Rindenmantels und lockerte bei anderen Exemplaren künstlich den Druck der Rinde durch Längseinschnitte in dieselbe. Dadurch gelang es ihm, wie schon Sachs[3])

---

[1]) G. Kraus, Über die Verteilung und Bedeutung des Wassers bei Wachstums- und Spannungsvorgängen in der Pflanze. Bot. Zeit. 1877, S. 595.

[2]) Hugo de Vries, Über den Einflufs des Rindendruckes auf den anatomischen Bau des Holzes. Flora 1875, Nr. 7. — Sanio, Bot. Zeit. 1863, S. 393.

[3]) Sachs, Lehrb. d. Bot., I. Aufl. 1868, S. 409.

vermutete, die Entstehung der Jahresringe durch den im Laufe des Jahres regelmäfsig wechselnden Rindendruck zu erklären[1]).

Der Rindendruck ist im Frühjahr zur Zeit, wo das Holz durch Wasseraufnahme am stärksten gequollen ist, sehr grofs, wie durch die um diese Zeit stattfindende Entstehung neuer Rindenrisse und die Erweiterung der schon vorhandenen bemerkbar wird. Während der Blattentfaltung verliert das Holz einen grofsen Teil seines Wassers durch Verdunstung; es zieht sich mehr zusammen und der Druck der nun einmal schon erweiterten Rinde wird geringer, mithin die zu dieser Zeit kenntliche Bildung weiterer Holzzellen erklärbar. Je mehr sich aber nun im Laufe des Sommers neues Holz unter der Rinde bildet, desto gröfser wird dessen Innendruck auf dieselbe; gleichzeitig verlieren die Rindenschichten durch Trockenheit einen Teil ihrer Dehnbarkeit, und ihr Widerstand gegen den Innendruck des Holzes wird um so gröfser. Unter solchen erhöhten Druckverhältnissen sehen wir das eng- und breitzellige, dickwandige Herbstholz entstehen.

Ein anderer Punkt, den ich bei künstlichen Schnürstellen zu beobachten Gelegenheit hatte, ist die durch Vermehrung des Rindendruckes bedingte Steigerung der spiraligen Drehung der Holzelemente, welche bei endlich überwallten Drahteinschnürungen sich derart gesteigert erwies, dafs in einer gewissen Zone des Überwallungswulstes die sonst längsverlaufenden Holzzellen fast horizontal lagen. Ein Radialschnitt zeigte unmittelbar über dem überwallten Drahtringe eine Zone von Holzzellen quer durchschnitten statt längsverlaufend. Diese horizontal gelagerten Fasern nahmen allmählich wieder ihren vertikalen, normalen Verlauf da an, wo die Geschwulst sich abschwächt und in den normalen Stamm überging.

Die vermehrte Drehung der Holzelemente durch erhöhten Rindendruck erklärt jetzt auch die bekannte Erscheinung der nicht parasitären Drehwüchsigkeit, die besonders in trocknen, armen Bodenlagen (namentlich bei *Syringa* und *Crataegus*) auftritt und bei sehr verschiedenen Baumarten beobachtet worden ist. Die Ursachen der Erhöhung des Rindendruckes werden in den einzelnen Fällen verschieden sein.

Die so bedingte, regelmäfsige Schichtung des Holzkörpers aus weitem Frühjahrsholz und engem Herbstholz ist nur ein spezieller Fall des, durch de Vries bewiesenen Gesetzes, dafs Erhöhung des Rindendruckes engzelliges, Lockerung der Rinde dagegen weitzelliges Holz erzeugt.

Wie man sich aber durch Zählung der Zellen nach künstlicher Lockerung leicht überzeugen kann, wirkt diese Lockerung nicht nur auf die Ausbildung, sondern auch auf die Vermehrung der Cambiumzellen. Je geringer der Rindendruck ist, desto gröfser ist die Zahl der Zellteilungen in der Richtung des Stammradius, desto gröfser ist auch die Streckung der einzelnen Zellen und Gefäfse in radialer und tangentialer, desto geringer aber in longitudinaler Richtung. Diese Ver-

[1]) Die später veröffentlichten Untersuchungen von Krabbe (Sitzungsbericht d. Akad. d. Wissensch. z. Berlin, 14. Dez. 1882; cit. Bot. Zeit 1883, S. 399), Über die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahresringe und zur Ablenkung der Markstrahlen, kommen zu dem Resultate, dafs dem radialen Rindendrucke wegen seiner Geringfügigkeit kein Einflufs auf die Jahresringbildung zuzuschreiben sei. Mir scheint indes die gehandhabte Methode nicht vorwurfsfrei, so dafs ein Zweifel in die Richtigkeit der Resultate wohl berechtigt ist.

änderung in den Dimensionen steigert sich in dem Mafse, dafs wir endlich an solchen Stellen, an denen der Rindendruck fast ganz aufgehoben ist, die dickwandigen, langgestreckten Holzzellen in kurze, parenchymatische Zellen übergehen sehen. Dabei fällt die Differenzierung des Gewebes in Zellen und Gefäfse fort; es bildet sich nur noch ein gleichmäfsiges Parenchymholz.

Eine Arbeit von GEHMACHER[1]) beschäftigt sich mit dem Einflufs des Rindendruckes auf den Bau der Rinde selbst. Seine Untersuchungen führen zu dem Schlusse, dafs, je gröfser der Druck, desto weniger Korkzellen gebildet werden und umgekehrt; ebenso wechselt der radiale Durchmesser der einzelnen Zellen. Die Zellen des primären Rindenparenchyms erscheinen nicht nur radial, sondern auch seitlich zusammengedrückt, also eckiger, während die unter geringem Druck entstandenen kugeliger sind und bedeutend gröfsere Intercellularräume (die bei starkem Druck ganz verschwinden können) zwischen sich haben. Die Bastfasern sollen bei Druckverminderung an Zahl bedeutend zunehmen (was ich nicht beobachtet habe) und bei Erhöhung des Rindendruckes bis zum Verschwinden abnehmen.

Als eine Folge des Rindendruckes sieht NÖRDLINGER[2]) auch die Entstehung der wellenförmigen statt der regelmäfsig kreisrunden Peripherie des Holzkörpers an. Da, wo der Holzkörper eingebuchtet ist, erscheint die Rinde häufig dicker. Vorzugsweise sollen es die stark entwickelten Steinzellgruppen sein, welche von der Rinde auf das Cambium geprefst werden und die ihnen gegenüberliegende Stelle des Holzkörpers im Wachstum hemmen.

Wenn wir jetzt dem Umstande, auf den KRAUS[3]) aufmerksam macht, Rechnung tragen, dafs aus dem unter grofsem Rindendruck stehenden Zellgewebe ein Teil des Zellinhalts schneller hinausgeprefst werden dürfte nach jenen Regionen, in denen der Rindendruck geringer ist, dann darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn in dem lockeren Parenchymholz, das infolge des aufgehobenen Rindendruckes sich aus dem Cambium gebildet hat, eine grofse Menge Reservestoffe sich aufgespeichert findet. Auch für das neu zuströmende Baumaterial ist die weitlumige, dünnwandige Parenchymholzzelle der am leichtesten erreichbare Ablagerungsherd. Darum sehen wir dort, wo der Holzcylinder statt der prosenchymatischen Elemente parenchymatisches Gewebe bildet, meist (mit Ausnahme der jungen Calluswülste) dasselbe eine grofse Zeit des Jahres hindurch reich mit Reservestoffen, und zwar bei unseren Bäumen mit Stärke erfüllt.

Die sämtlichen Wunden des Baumstammes schliefsen eine Rindenlockerung ein; mithin mufs das Holz, das bei der Heilung der Wunde gebildet wird, in seinem Baue um so mehr von dem normalen Holze abweichen und um so mehr den Charakter des Parenchymholzes annehmen und behalten, je geringer bei der Verwundung der Druck des Rindengürtels auf das Cambium gemacht wird und je länger diese Lockerung erhalten bleibt.

Wir haben bei den Krebswunden gesehen, wie dieser lockere Bau des Wundrandes immer wieder Ursache zu neuer Lockerung der

---

[1]) Aus Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch., Bd. LXXXVIII, Abteil. I; cit. in Botan. Centralbl. 1883, Nr. 47, S. 228.

[2]) NÖRDLINGER, Wirkung des Rindendruckes. Centralbl. f. d. gesamte Forstwesen. Wien, Oktoberheft 1880, S. 407.

[3]) a. a. O. S. 138.

Rinde, zu neuer, wuchernder Produktion lockeren Gewebes und zur endlichen Erschöpfung des Astes durch diese Produktion wird.

Jeglicher Überwallungsrand, der sich bei einer offenen Wunde des Stammes bildet, beginnt also mit der Bildung kurzzelliger, weitlumiger (mit weitem Innenraum versehener) Holzelemente, die sich, scharf abgegrenzt, auf das normale, blofsgelegte Holz lagern. In dem Mafse, als die Überwallungsränder sich vergröfsern, der Rindendruck somit stärker wird, gehen auch die Holzelemente allmählich in den normalen Bau über, und wenn endlich die Überwallungsränder mit einander verschmelzen und die Rinde wieder zu einem gleichmäfsig zusammenhängenden Gürtel am Stamme oder Zweige wird, stellt sich auch die normale Höhe des Rindendruckes wieder ein und damit die normale Richtung der Holzzellen und Gefäfse: Es lagert sich nun wieder alljährlich normales Holz über die geschlossene Wunde.

Die Schröpfwunde.

Das nächstliegende Beispiel für die Gewebeänderungen bei dem Wundheilungsprozesse finden wir in der Vernarbung der Schröpfwunde. Man versteht unter „Schröpfen" bekanntlich das Einschneiden in die Rinde in der Längsrichtung des Stammes bis auf den Holzkörper, ohne dafs Substanz entfernt wird. Wird ein Baum in dieser Weise geschlitzt, so weichen die Wundränder auseinander (Fig. 173). Natürlich ist am Ende des Schnittes (Fig. 173, *a*) die Entfernung der beiden Wundränder am geringsten; der Heilungsprozefs vollzieht sich dort am schnellsten. Fig. 174 stellt den Querschnitt durch eine geheilte Schröpfstelle eines Süfskirschbaumes am Ende der Schlitzwunde, also aus der Gegend von *a* dar. Wir sehen in *h* das alte Holz, das bei *w* von dem Messer getroffen worden und durch die Einwirkung der Luft einen Teil seiner Gefäfse und Holzzellen abgestorben zeigt. Die Cambiumzone *c*, die zur Zeit der Ausführung des Schnittes auf *h* auflag, hat bei dem Heilungsprozefs neue Rinde *nr* und neues Holz *nh* gebildet. Die neu gebildete Holzzone ist aber weder in ihrer Lagerung noch in ihrem Bau dem normalen, unter der unverletzt gebliebenen Rinde entstandenen Holze gleich; sie bildet eine nach aufsen dreieckig vorspringende Partie, deren höchster Punkt am meisten der durch den ehemaligen Schnitt gebildeten Rinne (*s*) genähert ist. Bedingt wird diese dreieckige Vorwölbung durch die dem weiter seitwärts gelegenen Gewebe voraneilende Entwicklung von Parenchymholz *hp*. Diese Holzproduktion war die erste Tätigkeit der beiden durch den Schnitt *s* geteilten Cambiumränder. Hier war der Rindendruck am schwächsten, die Zellvermehrung die reichste, die Zellenlängsstreckung die geringste. Erst nachdem die aus der jungen Innenrinde und der Cambiumzone hervorgegangene Neurinde in *s* eine gröfsere Mächtigkeit und durch die neu entstandene Korkschicht derselben (*k'*) gröfsere Widerstandsfähigkeit erlangt hat, ist der Rindendruck allmählich mächtiger, sein Einflufs auf die Holz produzierende Cambiumzone energischer und die Gestalt der Holzelemente allmählich der normalen ähnlicher geworden. Die Partie *hp* geht allmählich in das viel deutlicher durch Markstrahlen (*m*) gefächerte, regelmäfsige Holz über. Über die der Änderung der Holzelemente parallel gehende Umformung der Rindenelemente wird bei dem Ringelwulst ausführlicher gesprochen werden.

Bei weiterem Wachstum des Stammes lagert die Cambiumzone *c* immer neues, normales Holz und neue Rinde mit Hartbast *hb* über die Wundfläche, und wenn endlich die durch den ehemaligen Schnitt getrennten, alten Rindenpartien *ar* mit ihrer Korkzone *k* und ihren abgestorbenen und durch eine Korkzone vom lebenden Gewebe getrennten Wundrändern (*t*) der Borkenbildung verfallen und abblättern, ist äufserlich die Wundstelle ausgeglichen.

Wenn wir etwas ausführlicher auf die Anfänge des Vernarbungsprozesses eingehen wollen, haben wir Fig. 175 zu betrachten. Dieselbe stellt den Querschnitt durch einen einzigen Wundrand einer Schröpfstelle (Fig. 173, *b*) bei einer Süfskirsche dar zu einer Zeit, in welcher dieser Rand sich mit dem gegenüberliegenden, von der anderen Wundseite kommenden, noch nicht vereinigt hat, die Wundfläche selbst (Fig. 175, *w*) also noch nicht gedeckt ist. Es bedeutet *h* auch hier

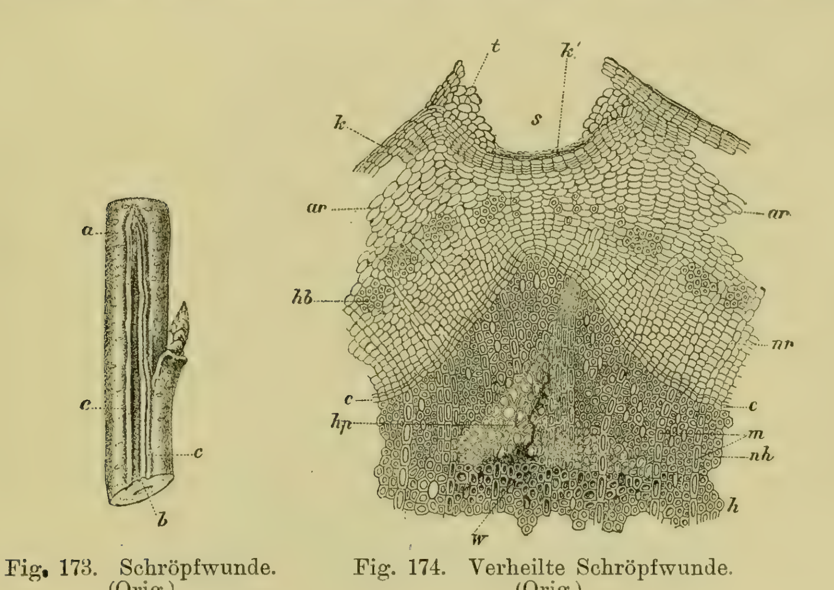


Fig. 173. Schröpfwunde. (Orig.)

Fig. 174. Verheilte Schröpfwunde. (Orig.)

das alte Holz, dafs bei *w* durch den Schröpfschnitt blofsgelegt worden ist. Der Zug des Messers zur Zeit der Ausführung des Schröpfens ging von *s* nach *w*. Von dieser Ebene des Schnittes hat sich die alte Rinde (*ar*) seitwärts zurückgezogen; es entspricht dieser Teil dem gleichbezeichneten in Fig. 174. Der obere Teil dieser alten Rindenpartie, sowie der infolge des Schnittes abgetrocknete Rand (Fig. 174, *t*) sind in Fig. 175 durch die mit *t* bezeichneten Konturen angedeutet und nur ein Hartbastbündel *hb* ist in das Rindenparenchym *ar* eingezeichnet worden. Zur Zeit der Ausführung des Schnittes lagen die Cambiumzonen *c* und die junge Innenrinde *ir* dicht am alten Holze *h*; die Zellen, welche an die Schnittebene *s* bis *w* grenzten, reagierten nun verschieden auf den Wundreiz: das Parenchym der alten Rinde trocknete auf eine kurze Strecke rückwärts zusammen und bildete den braunen, trocknen Wundrand, der, dem blofsen Auge kenntlich, jede Schlitzwunde einsäumt (Fig. 173, *c*). Das noch vermehrungsfähige, in seinem Wachstum noch nicht abgeschlossene Parenchym der inneren Rinde *ir*

folgte am Wundrande sofort der Gelegenheit, sich nach derjenigen Seite auszudehnen, an der der Druck weggefallen war, d. h. über die Ebene *s* bis *w* hinaus. Diese Zellen wölbten sich also vor; die aus der Cambiumzone folgenden schoben die ersten Rindenzellen weiter hinaus und bildeten sich in der später nachwachsenden Zone selbst zu Chlorophyll führenden Rindenzellen *r'* aus, und auf diese Weise entstand zuerst der weiche, parenchymatische Wundrand *r' ir*. Die Randzellen *r* des vorgewölbten Wundrandes bräunen sich später und trocknen zusammen: in den unmittelbar darunterliegenden Zellen entsteht Kork *k* und diese, den ganzen Wundwall einhüllende Korkzone *k*

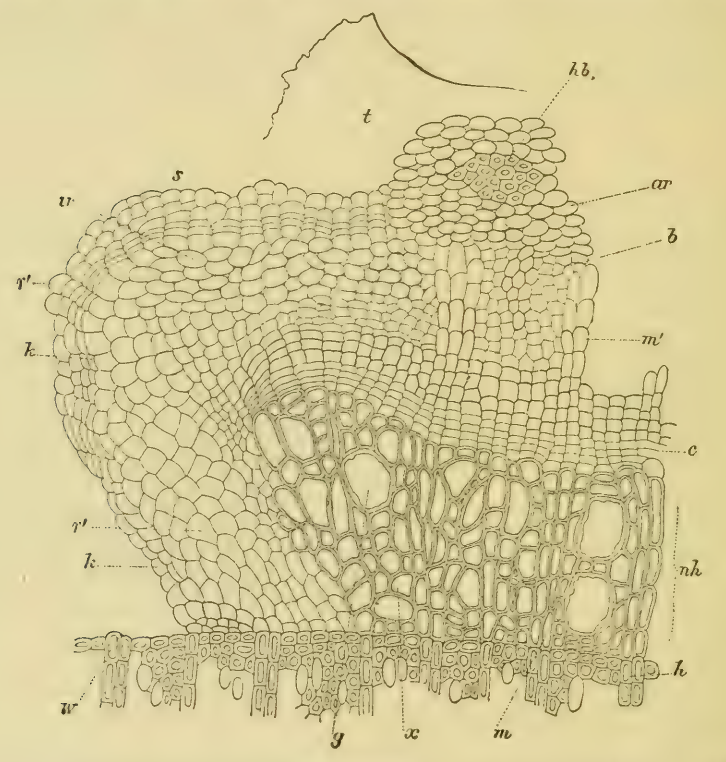


Fig. 175. Entstehender Überwallungsrand bei einer Schröpfwunde. (Orig.)

bis *k* legt sich an die äufsere Korkbekleidung der alten Rinde an, so dafs die ganze Neubildung von einem schwer dehnbaren und daher auf das darunterliegende, schwellende Gewebe drückenden Korkgürtel umgeben ist.

Dadurch ist auch der Rindendruck interimistisch hergestellt. Der Einflufs dieses Rindendruckes auf die nächsten Produkte der vorn schneckenförmig gekrümmten, aber nicht bis auf das alte Holz *h* reichenden Cambiumzone *c* macht sich durch die Bildung dickwandigerer Elemente geltend; es entsteht Neuholz *nh*, welches nach der Wundseite zu parenchymatisch kurz, weitlumig (*x*) und von vereinzelten, kurzen, weiten Gefäfsen (*g*) durchsetzt ist. Je weiter das Neuholz vom Wundrande entfernt ist, desto regelmäfsiger, eng- und langzelliger wird es,



Verlag von Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstrafse 10.

Die Gartenwelt.

Illustrierte Wochenschrift für den gesamten Gartenbau.

XII. Jahrgang.

1. Oktober 1907 bis 30. September 1908.

Herausgeber:

Max Hesdörffer in Berlin.

Erscheint jeden Sonnabend. — Monatlich eine Farbendrucktafel.

Durch jedes Postamt bezogen, Preis vierteljährlich 2 M. 50 Pf.

Bei Kreuzband-Bezug vierteljährlich: In Deutschland und Österreich-Ungarn 3 M., im Weltpostverein: 3 M. 75 Pf.

Die bereits in ihrem zwölften Jahrgange stehende Gartenwelt erscheint wöchentlich in reich illustrierten Heften und ist durch Vielseitigkeit des Inhaltes, Zuverlässigkeit, rasche Berichterstattung und durch ihre künstlerische Ausstattung zum Lieblingsblatt Tausender geworden.

Die Gartenwelt bringt ausschließlich Originalabhandlungen aus der Praxis für die Praxis berechnet, schenkt aber auch den Ergebnissen der exakten Forschung und der Ästhetik des Gartens ihre Beachtung, soweit sie für den praktischen Gartenbau Bedeutung haben. Die bedeutendsten Fachmänner deutscher Sprache des In- und Auslandes sind die ständigen Mitarbeiter der Gartenwelt.

Die Gartenwelt bringt vorzügliche Textabbildungen, die fast alle Originale sind und nach scharfen und klaren Naturaufnahmen ausschließlich für die Gartenwelt gefertigt werden. Außerdem bringt sie monatlich eine naturgetreu und künstlerisch ausgeführte Farbentafel mit hervorragenden Neuzüchtungen und Neueinführungen unter besonderer Berücksichtigung deutscher Züchtungskunst.

Es sei zu einem Probeabonnement höflichst eingeladen, da nur so ein richtiges Bild von der Reichhaltigkeit und Bedeutung der Zeitschrift gewonnen werden kann. Der sehr niedrige Preis macht sie einem jeden zugänglich.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Lieferung 18 u. 19. (Erster Band, Bog. 49—56 u. Titelbogen.) Preis: 6 Mark.

Handbuch
der
Pflanzenkrankheiten

von

Prof. Dr. Paul Sorauer.

Dritte, vollständig neubearbeitete Auflage
in Gemeinschaft mit

Prof. Dr. G. Lindau,
Privatdozent an der Universität Berlin

und

Dr. L. Reh,
Assistent am Naturhistor. Museum in Hamburg

herausgegeben
von

Prof. Dr. P. Sorauer,
Berlin.



Mit zahlreichen Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1908.

Erscheint in etwa 21 Lieferungen à 3 Mark.



desto schärfer treten die Markstrahlen *m* und deren Fortsetzung *m'* in der Rinde hervor. Je mehr sich allmählich Neuholz bildet, desto straffer wird die äufsere Korkzone *k* bis *k* des Überwallungsrandes gespannt. Häufig reifst sie stellenweis infolge des Innendruckes, so dafs das Rindenparenchym blofsliegt und sich in die Rifsstelle hineinwölbt. In diesen sich vorwölbenden Zellen bilden sich aber in kürzester Zeit neue Korkzellen, die sich an die umgebenden anlegen und auf diese Weise den Korkgürtel wieder schliefsen.

Falls nun ein Schröpfschnitt so breit ist, dafs der Überwallungsrand des ersten Jahres ihn nicht decken kann, wird das Neuholz des folgenden Jahres sich lippig über die Wundfläche lagern. In dieser lippenförmigen Vorwölbung, die durch den Verlauf der deckenden neuen

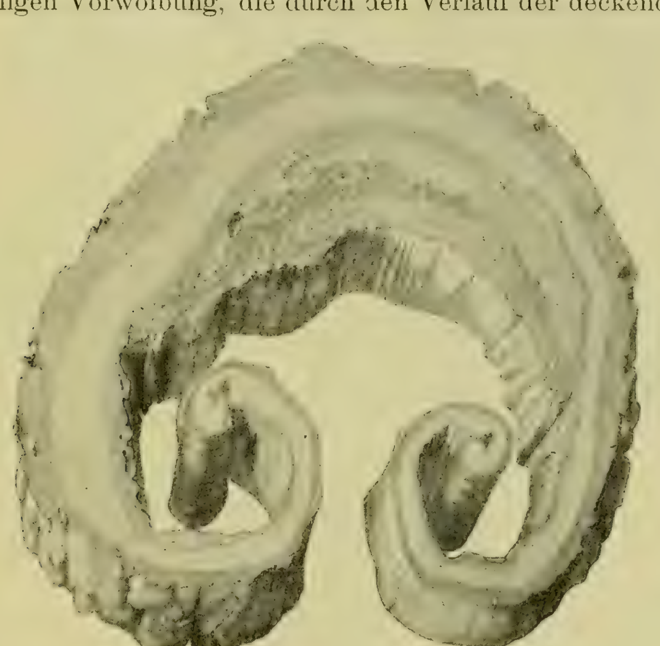


Fig. 176. Querschnitt durch einen hohlgewordenen Kiefernstamm, bei dem die mehrjährigen Überwallungsränder allein noch die Ernährung des Stammes übernehmen. (Orig.)

Korkzone *k* bis *k* Fig. 175 am besten gekennzeichnet wird, nimmt die Cambiumzone *c* eine um so stärkere schneckenförmige Krümmung an, je tiefer die Wundfläche liegt. Wenn nun der Fall eintritt, dafs bei alten Stämmen an Stelle des Schröpfschnittes eine breite Längswunde sich einstellt und durch Witterungseinflüsse unter parasitärer Mitwirkung der Holzkörper zerstört, der Stamm also hohl wird, dann können schliefslich nur noch die Überwallungsränder übrig bleiben. Einen solchen Fall stellt Fig. 176 dar. Dieselbe ist der Querschnitt von einem hohlgewordenen Kiefernstamm[1]. Durch das langsame Ausfaulen der jüngeren Holzringe haben die Überwallungsränder eine selten schöne schneckenförmige Gestalt angenommen, und auf dem verhältnismäfsig schmalen Holzstreifen der letzten Jahre beruht nun

[1] Das Original befindet sich im Botanischen Museum zu Berlin.

die Ernährung des Stammes. In minder ausgeprägter Form zeigt sich der Vorgang bei allen hohlgewordenen Bäumen, namentlich oft bei Weiden und Pappeln. Bei den Nadelhölzern ist das Ausfaulen des Stammes infolge von Längswunden der seltenere Fall, weil sich die Wundfläche mit Harz zu bekleiden pflegt oder wenigstens die blofsliegenden Holzelemente kienig werden. Dieser Selbstschutz nach Längswunden kommt am deutlichsten bei der Harznutzung der Bäume zum Ausdruck, wie Fig. 177 zeigt.

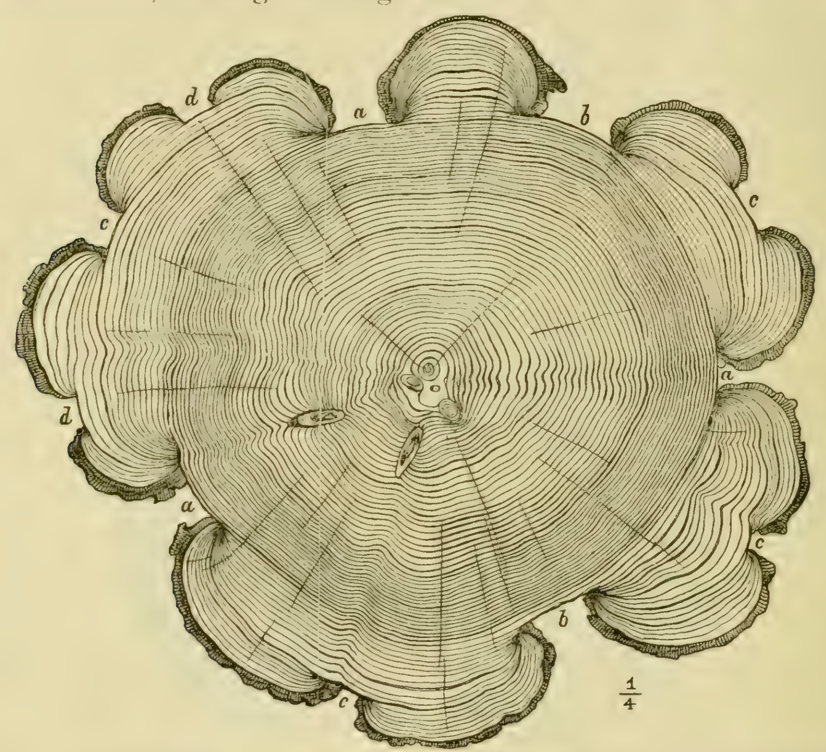


Fig. 177. Stammscheibe von *Picea vulgaris* mit Überwallungen von Harznutzungslachen. Das Gesamtalter des Baumes beträgt 70 Jahre. Die erste Nutzung (*a*) fand statt im Alter von 50 Jahren, die zweite (*b*) von 51, die dritte (*c*) von 62, die vierte (*d*) von 65 Jahren. (Nach Döbner-Nobbe.)

Die durch Harznutzung entstehenden Wunden, welche meist einige Zentimeter breite und etwa 2 m lange, von Rinde entblöfste Stammstreifen darstellen, sterben erst nach längerer Zeit ab. Bei Fichten sah R. Hartig den Terpentin aus den in den Markstrahlen liegenden Harzkanälen bald nach der Verwundung in Tropfenform hervortreten. Obgleich bei der offenen Verbindung, welche die vertikal im Stamme verlaufenden Harzkanäle mit denen der Markstrahlen haben, eine grofse Menge Harz der Wunde zu Gebote steht, so hört doch der Austritt des leichtflüssigen Terpentins in der Regel schon im ersten Jahre auf. Der Terpentin wird durch Verflüchtigung des Terpentinöls und durch Verharzung (Oxydation) dicker. Nach dem Abscharren des Harzes zu beiden Seiten der Harzlache wird dann der Überwallungswulst weggeschnitten, um neue Harzkanäle zu öffnen, oder es werden an anderen Baumseiten neue Rindenstreifen fortgenommen.

Inschriften.

Als spezielle Fälle einer gewöhnlichen, mit Substanzverlust verbundenen Längswunde, die bis in das alte Holz hinein sich erstreckt, sind die in Stämme eingeschnittenen Schrift- und Zahlenzeichen zu erwähnen, sowie die unregelmäfsigen Nage- und Bifsstellen, welche durch Verbeifsen des Wildes im Winter entstehen.

Bei den Schriftzeichen hat das Messer bedeutende Mengen alten Holzes entfernt, ist also tiefer in den Stamm eingedrungen; dafür aber hat die Wunde eine geringere Ausdehnung in die Breite. Die Verheilung der tiefen Schriftrinne erfolgt von den Längsrändern der Wunde aus; der obere und untere Wundrand sind hier nur in ganz unbedeutendem Mafse beteiligt. Die aus der Cambiumzone hervortretenden, mit eigener Rinde versehenen Wundränder legen sich alljährlich schichtenweise über einander in die Wundrinne hinein, dieselbe nach und nach ausfüllend, ohne sich natürlich mit dem alten Holze, dessen äufserste, die Wunde begrenzenden Zellschichten sich bräunen und absterben, jemals zu vereinigen; sie bilden nur eine fest anliegende Masse, wie das Metall in einer Gufsform. Mit dem Augenblicke, wo die beiden entgegengesetzten Wundränder eines jeden Schriftzeichens mit einander verschmelzen, also ihre Cambiumzonen mit einander sich vereinigen, bilden dieselben auch wieder normal gestellte Holzelemente, die durch die alljährlichen Zuwachszonen immer stärker werden und damit die ehemaligen Schriftzeichen immer tiefer in den Stamm hineinrücken lassen. Ein glücklicher Schlag bei dem Spalten des Holzes trennt dann die nicht verletzt gewesenen Zwischenschichten zwischen den einzelnen Zahlen oder Buchstaben, und die braune ehemalige Gufsform fällt von der hineinergossenen Holzmasse ab.

Wildschaden.

Bei Wildschaden sind die Verletzungen breiter, unregelmäfsiger, aber in der Regel nur bis in den Splint reichend.

Wird der Stamm an seinem ganzen Umfange der Rinde und des Splintes beraubt, so vertrocknet er, wenn die Verwundung nicht erst gegen das Frühjahr hin oder im Sommer geschieht, nach einer Reihe von Jahren. In der Regel aber findet das Verbeifsen und Schälen des Wildes nur an einzelnen Stellen des Stammumfanges statt und dann erfolgt allmählich von den Rändern der stehengebliebenen Rindenpartien aus die Bildung von Überwallungsrändern. Wenn solche Überwallungsränder in einem späteren Jahre vor Schlufs der ersten Verwundung wiederum verletzt werden, erhält der Holzkörper anscheinend sehr verwickelte Jahresringbildungen.

Je nach der Art des Wildes sind die Beschädigungen verschieden. Nach Ratzeburg[1]) „schält" Rot- und Elchwild (Rehe nicht), indem es mittels der Schneidezähne Rindenlappen zum Zweck der Nahrung meist im Frühjahr unten löst und dann nach oben zu abreifst. Die Heilung vollzieht sich dann entweder durch Überwallung oder auch wohl in einigen Fällen durch Neuberindung (s. Schälen der Obstbäume). Durch Fegen und Schlagen erfolgt auch eine Entrindung; aber hier bleiben Überreste der halb gelösten Rinde an den Rändern der unbeschädigten in Form von Lappen oder kleineren, schnell trocknenden

---

[1]) Waldverderbnis I, S. 50ff.

und daher gekräuselten Fetzen stehen: auch fehlen selten die Spuren von Haaren an der Rinde. Da Hirsche und Rehböcke während des Fegens mit dem Gehörn auf und nieder fahren, um es vom Bast zu reinigen, so sind auch die Fegewunden länger und gehen häufiger als Schälwunden rings um den Stamm. Nun schlägt das Reh den Bast im Februar und März ab, der Hirsch um Johannis, das Dammwild vier Wochen später. Letztere Wunden fallen also in die Periode, in welcher der Baum seine gröfste Menge plastischen Materials disponibel hat; ihre Verheilung wird daher weit schneller erfolgen, als die der Winter- und Frühjahrswunden. Hier kommt es auch vor, dafs die Wunde gar nicht einmal das Cambium erreicht, sondern nur die äufseren Rindenschichten wegnimmt. Bleibt die Innenrinde stehen, so entwickelt sich unter derselben der Jahresring aus dem Cambium fast normal weiter, wenigstens soweit dies die Anordnung der Holz- und Gefäfselemente betrifft. Die Holzzellen sind aber meist dünnwandiger und weitlumiger, die Gefäfse häufig zahlreicher, der ganze Jahresring breiter. Ist die Witterung feucht oder der Standort der Bäume ein schattiger und feuchter, dann entwickelt sich auf der Aufsenseite aus den stehengebliebenen Zellen der jüngsten Rinde manchmal ein Callusgewebe, das zu neuer Rindenbildung, bei üppigen Bäumen in seltneren Fällen zur Bildung isolierter Holzkörper in der Rinde führt.

Das Schlagen und Aufplatzen der Rinde kommt auch aufser der Fegezeit und Brunstzeit vor, im Nachsommer. Hier stellt sich oftmals eine andere Wundheilung ein, indem sich auf dem vom abgehobenen Rindenkörper befreiten Holzkörper aus den jüngsten Splintschichten callöses Gewebe bildet, das die Lücke ausfüllt, ähnlich wie bei okulierten Stämmen (s. Okulation).

Ferner haben wir noch der Nagewunden zu gedenken, wie sie durch Mäuse, Kaninchen, Biber und Hasen hervorgebracht werden. Letztere schneiden mit ihren Zähnen zwar lieber junge Zweige oder schwache Pflanzen ganz ab. Das eigentliche Nagen, das besonders unsern Obstbäumen so verderbenbringend ist, erfolgt meist nur bei hohem Schnee. Die Wunden gehen bis auf das ältere Holz, an dem man die Zahnspuren erkennt. Entstehen sie rings um den Stamm in zusammenhängender Fläche, dann ist der Baum verloren; bleiben dagegen einzelne Rindenpartien stehen, so erfolgt von diesen aus eine Überwallung.

Nach v. Berg soll das Fällen von Aspen und Salweiden, die vom Wilde alsbald geschält werden, die übrigen Bäume vor Verletzungen schützen. Schliefslich dürfte sich als das beste Mittel überhaupt die Anfuhr von Futter während des Winters herausstellen. Wir streifen dieses Kapitel des Wildschadens nur durch Hinweis auf die anatomischen Vorgänge der Wundheilung. Der Gegenstand findet sich in einer neueren Arbeit von Eckstein[1]) sehr ausführlich behandelt.

An denjenigen Orten, wo Weidevieh in die Forsten getrieben wird, verursacht dasselbe häufig mehr Schaden als das Wild. Wurzeln werden blofsgetreten in dem Mafse, dafs Bäume an den Triebpfaden eingehen. Schafe und Ziegen verbeifsen Lärchen, Tannen und Fichten usw. Wie v. Mohl andeutet und Ratzeburg bestätigt, vertragen die Nadelhölzer weit weniger Stammverletzungen, die bis auf das Cambium gehen, als die Laubhölzer.

---

[1]) Eckstein, Die Technik des Forstschutzes gegen Tiere. Berlin 1904, Paul Parey.

Zahlreiche und schöne Abbildungen von Bäumen, die durch Weidevieh verbissen worden sind, liefert KLEIN in seinem neuesten forstbotanischen Merkbuche [1]).

Überwallung der Querwunde mehrjähriger Achsen.

Wenn Äste oder Stämme quer abgeschnitten werden, müssen dieselben Vorgänge der Rindenlockerung und Neubildung von Überwallungsrändern sich einstellen, wie wir sie bei dem Schröpfschnitt beschrieben haben. Nur ist die Verwundung an sich viel gefährlicher, weil durch den Schnitt alle Jahresringe des Astes blofsgelegt werden und der Angriff der Atmosphärilien und der holzzerstörenden Pilze ungemein erleichtert wird.

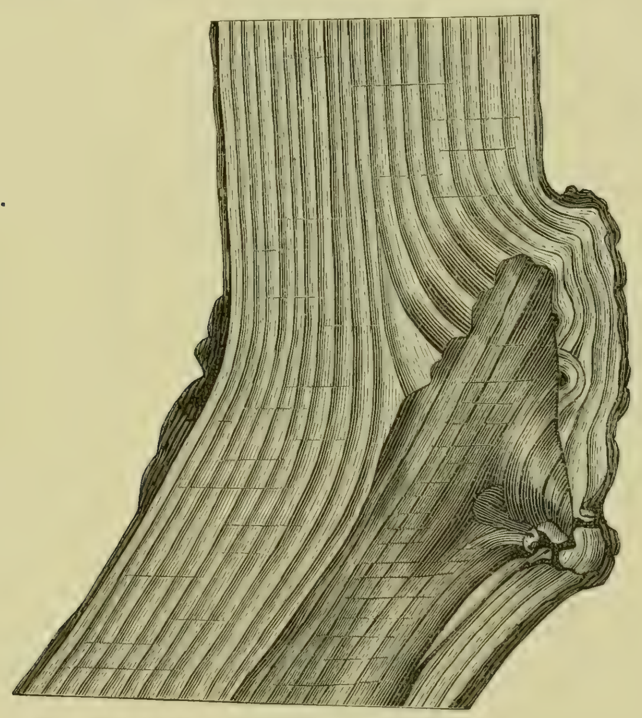


Fig. 178. Rest eines abgesägten, von der Schnittfläche aus abgestorbenen Astes, der durch die Überwallungsränder der folgenden Jahre kappenartig gedeckt worden ist.

Das Produkt der mehrjährigen Überwallung eines alten Aststumpfes sehen wir im beistehenden Holzschnitt (Fig. 178). Die dunklere, zentrale Partie ist der Aststumpf, der durch den Einflufs der Witterung tief in den Stamm hinein abgestorben ist. Seit fünf Jahren haben sich die in jedem Jahre weitergreifenden Holzkappen der Überwallungsränder über die Wundfläche gelegt und dieselbe endlich geschlossen. Hier hat die Überwallung vorzugsweise von obenher stattgefunden, da von hier aus das meiste plastische Material hergekommen ist. Bei einer schmalen Längswunde findet die Überwallung vorzugsweise von den Seiten aus statt.

---

[1]) KLEIN, LUDWIG, Bemerkenswerte Bäume im Grofsherzogtum Baden. 214 Abb. Heidelberg 1908, Winters Universitätsbuchhandlung.

Derselbe Überwallungsprozefs, der an den Ästen der Bäume sich einleitet, verursacht auch den Wundschlufs der Schnitt- oder Hiebfläche an den zurückgebliebenen Baumstumpfen nach dem Fällen der Bäume. Der Vorgang vollzieht sich nur verhältnismäfsig langsam, da der den Überwallungsrand erzeugende Cambiumring eine sehr grofse Wundfläche zu decken hat. Die Folge davon ist, dafs lange, bevor der Überwallungsrand nach den zentralen Partien der Schnittfläche vorrückt, diese durch Fäulnis zerstört, der Stammstumpf daher in der Mitte hohl geworden ist. Nun senken sich die Überwallungsmassen in den verschiedensten Formen und bisweilen in zopfähnlichen Strängen in die Höhlung hinein, wobei sie hervorstehende Splitter oder Steine umhüllen und dabei zu grofser Massenausdehnung gelangen können [1]).

Es liegt nun die Frage nahe, woher das Material zu derartig massenhafter Neubildung kommen mag. Meist wird die Ansicht ausgesprochen, dafs die in dem Baumstumpf vorhandenen, vor dem Fällen des Stammes gebildeten Reservestoffe die einzige Quelle für alle die Neubildungen abgeben müfsten; in anderen Fällen zieht man die nicht selten vorkommenden Wurzelverwachsungen zu Hilfe, indem man annimmt, dafs durch ein Verwachsen der Wurzeläste des Baumstumpfes mit stärkeren Wurzeln benachbarter Bäume, welche ihren Stamm mit Krone noch besitzen, eine Ernährung des Baumstumpfes stattfindet.

Sicherlich werden derartige Fälle in gröfseren Baumbeständen nicht selten sein [2]) und solch ein Nährstamm tatsächlich eine wesentliche Unterstützung für den Zehrstamm darstellen. Allein es liegen auch Beispiele vor, bei denen vollständig isoliert stehende Bäume nach dem Fällen so grofse Überwallungsmassen an den Stümpfen gebildet haben, dafs die Annahme der Entstehung so massiger Neubildungen lediglich aus den Reservestoffen des Baumstumpfes zur Erklärung nicht ausreichend erscheint.

Es existiert aber meiner Meinung nach überall in solchen Fällen ein Hilfsapparat, welcher neu assimiliertes Material herbeizubringen imstande ist. Wenn man die jungen Überwallungsränder untersucht, wird man in der Rinde derselben mehr oder weniger Chlorophyll finden, je nach dem Grade der Belichtung der Bäume, und es ist gar nicht einzusehen, weswegen dieser Chlorophyllapparat nicht ebensogut assimilieren sollte wie die grüne Rinde des Stammes. Welch reiches Leben in der Überwallungsrinde herrscht, geht daraus hervor, dafs man Zweige aus älteren Überwallungsrändern hervorbrechen sieht [3]).

Die Bildung von Zweigen aus dem Cambiumringe von Baumstumpfen ist eine ganz gewöhnliche Erscheinung, die bei gefällten Pappeln allenthalben vor die Augen tritt und auf der Entstehung von Adventivknospen in dem parenchymatischen Überwallungsgewebe beruht. Grade bei den Pappeln erhebt sich ein ganzer Kranz grüner, kräftiger Zweige an der Peripherie des Holzkörpers. Derartiger „Stockausschlag“ geht nach einigen Jahren in der Regel zugrunde, weil er nicht imstande ist, an seinem Entstehungsherde zwischen Rinde und Holz neue Wurzeln, welche die Erde erreichen können, zu bilden.

---

[1]) Schöne Abbildungen derartiger Fälle bei Göppert, Nachträge zu der Schrift über Inschriften und Zeichen in lebenden Bäumen. Breslau, Morgenstern 1870.

[2]) Göppert, Beobachtungen über das sogen. Überwallen der Tannenstöcke. Bonn, Henry & Cohen, 1842.

[3]) v. Thielau in Lampersdorf bei Frankenstein in seiner Anzeige der Göppertschen Schrift (Über die Folgen äufserer Verletzungen der Bäume usw.) vom Mai 1874.

Wenn durch Überschüttung oder vorzeitige Zerstörung von Rindenpartien Erde an die Basis des Stockausschlages gelangt, kann sich der Stockausschlag durch Wurzelbildung von dem Nährstamm befreien und langlebige, selbständige Individuen bilden.

Die Fähigkeit zur Produktion neuer Triebe aus dem Baumstumpf, die bei den verschiedenen Baumgattungen aufserordentlich verschieden ausgebildet, bei den Nadelhölzern geradezu selten ist, beruht nicht immer auf der Bildung von Adventivknospen, sondern auch auf der Weckung von schlafenden Augen (Proventivknospen), wie bei den Koniferen. Hierbei ist aber oftmals die harte Borke des Stammstumpfes ein Hindernis für die weitere Ausbildung.

Wenn man überhaupt auf eine Weiterentwicklung des Stockausschlages rechnet, wie im Waldbetriebe oder in Parkanlagen, mufs man die Bäume möglichst tief abhauen, um den neuen Trieben recht schnell die Gelegenheit zu eigner Bewurzelung zu bieten.

Die nicht selten anzutreffende Manier, Baumpflanzungen dadurch zu verjüngen, dafs man Stammstumpfe bis 1 m Höhe stehen läfst, ist durchaus zu verwerfen. Die an solchen Resten von Stämmen sich entwickelnden, neuen Triebe sind durchschnittlich viel schwächlicher und werden von den Ausschlägen an der Bodenoberfläche vielfach überholt.

Überwallungsvorgänge bei einjährigen Zweigen.

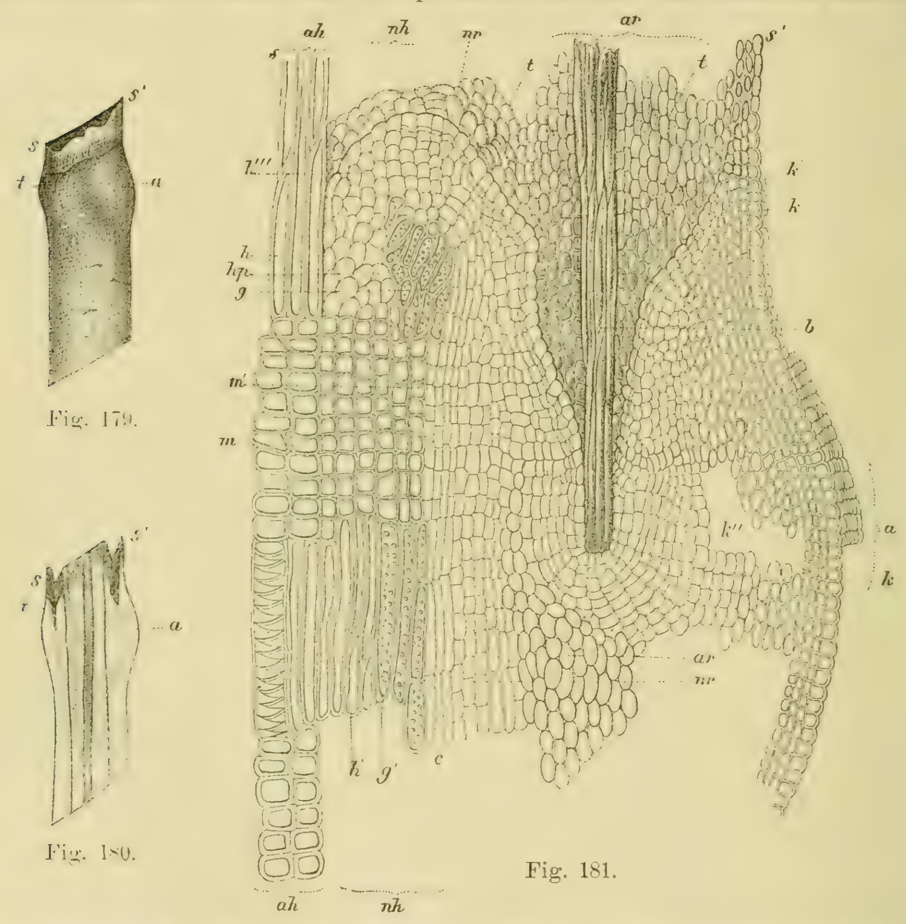
Bei unseren Kulturbäumen macht sich die Notwendigkeit geltend, die Kronen zu schneiden, weil wir entweder in Rücksicht auf den Fruchtansatz die Laubtriebe stutzen oder bei dem Verpflanzen die Krone in Einklang mit dem verletzten Wurzelkörper bringen müssen. Der Schnitt erstreckt sich vorzugsweise auf die einjährigen Zweige und erfolgt entweder im Herbst oder im zeitigen Frühjahr. Infolgedessen vergeht ein längerer Zeitraum, bevor die Vorgänge des Wundschlusses durch Neubildung von Gewebe sich einleiten. Man sieht daher nicht selten, dafs derartige junge Zweige von der Schnittfläche aus auf eine kleine Strecke hin absterben.

In Fig. 179 sehen wir die Spitze eines einjährigen Kirschenzweiges, der von der Schnittfläche aus etwas zurückgetrocknet ist. Fig. 180 zeigt denselben der Länge nach durchschnitten; *ss'* ist die ursprüngliche Schnittfläche, *t* ist die Grenzschicht, bis zu welcher der Zweig abgestorben ist, *a* eine dabei häufig sich bildende Anschwellung. Das anatomische Bild liefert Fig. 181. In dieser ist *s* bis *s'* die Schnittebene, *ah* das letzte, peripherische Stückchen des vom Schnitt getroffenen alten Holzes, *ar* die alte Rinde mit ihren äufseren normalen Korkschichten *k*. Von dieser Rinde ist das mit *t* bezeichnete Gewebe zurückgetrocknet, und zwar ist das Absterben des Gewebes in der Umgebung der Hartbaststränge *b* am tiefsten nach abwärts gedrungen; der Baststrang selbst ist ebenfalls tot und ragt nebst den auch nur wenig zusammenschrumpfenden äufseren Korkschichten der Rinde aus dem verfärbten Parenchym hervor. Die Schnittfläche ist dadurch uneben und faserig.

Der nächste Vorgang, der sich nach der Verletzung und dem Absterben des oberen Rindengewebes einleitet, besteht in der Abgrenzung des abgestorbenen Gewebes von dem gesunden durch Bildung einer Korkzone (*k'*, *k''*). Um die Basis des Bastbündels bildet sich die Korkzone stärker aus und stellt eine fächerförmige Umwallung (*k''*) dar. Darauf beginnt die Zellvermehrung in den der Schnittfläche zunächst liegenden Schichten der Cambiumzone *c* und der angrenzenden inneren

Rinde, welche zur Zeit der Ausführung des Schnittes dicht auf dem Holzkörper *ah* auflagen.

Genau wie die Vorwölbung des Längswulstes an der Schröpfwunde in Fig. 173 baut sich eine vorgewölbte Rindenzone *nr* aus den Produkten der Cambiumzone und der jungen Rinde auf, und diese Vorwölbung umkleidet sich in derselben Weise mit einem Korkgürtel (*k'''*). Die durch den Druck der neu hergestellten Wundrinde in ihrer Ausbildung sich allmählich ändernden Holzproduktionen der Cambiumzone stellen



Quer abgeschnittener einjähriger Süfskirschenzweig mit eingetrockneter Schnittfläche. Fig. 179. Der Zweig erscheint von der Schnittfläche aus etwas zurückgetrocknet und unterhalb des trocknen Gewebes mit einer Anschwellung *a* versehen. — Fig. 180. Derselbe Zweig in der Mittellinie durchschnitten. — Fig. 181. Anatomisches Bild der Region *a* bis *s'* von Fig. 180. (Orig.)

sich zunächst wieder dar als Parenchymholz *hp*, in welchem strangweise kurze, poröse Gefäfszellen (*g*) auftreten. In dem Mafse, als man von der Schnittfläche aus abwärts die Bildung des neuen, nach der Verwundung entstandenen Holzes verfolgt, findet man, dafs die Elemente desselben immer mehr den normalen, gestreckten, derbwandigen ähnlich werden (*g'*, *h'*). In der Zeichnung ist der Übergang von den kurzen Gefäfselementen zu den langen unterbrochen durch die Fortsetzung eines alten Markstrahls (*m*) zu dem Markstrahl (*m'*) des Neuholzes.

Aufser dieser Neuholzbildung macht sich, unabhängig von dieser, noch eine andere Zellvermehrung in der Rinde in der Nähe des Hartbastbündels geltend. Die Parenchymzellen teilen sich und vermehren dadurch die Dicke der ursprünglichen Rinde, welche durch diese Neubildung aufgetrieben wird und den äufserlich sichtbaren Buckel (Fig. 179 *a*, 180 *a*, 181 *a*) darstellt. Unter Umständen ist die Neubildung in der Rinde derartig intensiv, dafs daselbst eine lange Zeit in Tätigkeit verbleibende Meristemzone entsteht, die Holz- und Gefäfselemente produziert und Veranlassung zur Bildung von Holzsträngen in der Rinde gibt, wie bei der Entstehung der Knollenmaser gezeigt werden soll.

Die in Fig. 181 gegebene Darstellung eines abgeschnittenen Zweiges stimmt nicht ganz mit der Vorstellung, die wir von der überwallenden Querwunde eines Zweigstumpfes haben. Der Grund liegt darin, dafs wir meist solche Schnitte im Auge haben, die spät im Frühjahr oder Sommer an älteren Zweigen ausgeführt worden sind. In diesen Fällen ist die Vertrocknung des Gewebes von der Wundfläche aus eine sehr geringe bis zur Zeit des Eintritts der Wundheilung, also bis zur Bildung des Überwallungsrandes (*n r*, *n h*). Dieser Überwallungsrand tritt darum bald über die Schnittfläche hervor und lagert sich im Bogen über das alte Holz, das zur Zeit des Schneidens schon gebildet war und das in *a h* angedeutet ist. Die Lagerung der Elemente entspricht dann der Bildung des Calluswulstes an Stecklingen, die in einer späteren Figur abgebildet sind; der Charakter der Zellelemente bleibt derselbe wie ihn Fig. 181 zeigt.

Wenn der Zweig älter wird und die aus der Cambiumzone hervorgehenden Holzlagen immer dicker werden, wird auch der über die Schnittfläche eines Zweiges allseitig hervorquellende Überwallungsrand immer stärker, bis die gegenüberliegenden Seiten desselben einander berühren und miteinander zu einer Kappe verschmelzen, welche die Schnittfläche gänzlich einhüllt.

Jeder Überwallungsrand beginnt in der Weise, wie er in Fig. 175 im Querschnitt dargestellt worden ist. Man kann daher mit Recht b i l d l i c h sagen, dafs die neuen Holzlagen, die nach der Verwundung gebildet werden, sich über den durch den Schnitt blofsgelegten alten Holzkörper ergiefsen und denselben kappenförmig endlich einschliefsen.

Der Ringelwulst

Unter „R i n g e l n“ versteht man die Entfernung eines schmalen, ringförmig die ganze Achse umfassenden Rindenstreifens meist zur Zeit der stärksten Cambialtätigkeit, da nur in dieser Periode der Rindenkörper sich leicht und vollkommen vom Holz ablösen läfst.

Bei dem Ringeln nun erhält die oberhalb der Ringelwunde liegende Zweigpartie das von ihrem Blattapparat bereitete plastische Material: dasselbe kann aber nicht seiner ursprünglichen Bestimmung gemäfs zur Verstärkung des Holzringes in der ganzen Zweiglänge verwendet werden, sondern wird oberhalb der Ringelstelle zunächst zurückgehalten, bedingt also dort eine reichlichere Zellvermehrung im Cambiumringe. Wir sehen den Durchmesser der oberen Zweigpartie gegenüber der unter dem Ringelschnitt gelegenen auffallend zunehmen. Die von der Wurzel her kommende Wasserzufuhr nach diesem Orte ist aber zunächst bedeutend vermindert. Erstens ist die in der Rinde aufwärts steigende Wassermenge durch den Ringelschnitt am weiteren Aufsteigen ver-

hindert; ferner verliert der im Holzkörper aufsteigende Hauptstrom durch die Verdunstung an der durch den Ringelschnitt bloſsgelegten Stelle in der ersten Zeit nicht unwesentliche Wassermengen. In der oberen Zweigpartie vermindert sich also der Hauptstreckungsfaktor der Zellen, der Turgor, durch die geringere Wasserzufuhr von unten. Die Zellvermehrung ist zwar reichlicher, die Zellstreckung geringer als im normalen Zweige. Während das Dickenwachstum des oberhalb der Ringelstelle belegenen Achsenteils gesteigert wird, bleibt das Spitzenwachstum des Zweiges gemäſsigt; die Internodien werden weniger verlängert. Verkürzung der Internodien bei reichlichem Vorhandensein plastischen Materials ist die erste Einleitung zur Fruchtholzbildung; somit wird durch den Ringelschnitt die Fruchtbarkeit des Zweiges schneller herbeigeführt. Nachweislich ist der oberhalb der Ringelstelle liegende Zweigteil wasserärmer; seine ebenfalls wasserärmeren Blätter gehen früher in die Herbstfärbung ein, seine Früchte werden in der Reife gezeitigt.

Die Behauptung, daſs durch das Ringeln auch gröſsere Früchte erzielt werden, findet nur in bestimmten Fällen ihre Bestätigung. Die Weinstöcke z. B., und zwar namentlich die amerikanischen Sorten, scheinen nach dem Ringeln noch eine so bedeutende Partie von Wasser in den oberen Zweigteil zu bekommen, daſs eine Verlangsamung des Spitzenwachstums nicht bemerkbar ist. In diesem Falle hängt also die Ausbildung der Früchte wesentlich von der Menge des plastischen Materials ab, und dieses wechselt in den einzelnen Jahren je nach den herrschenden Witterungsbedingungen. Ebenso ist der Sortencharakter von Einfluſs. Beispielsweise beobachtete Paddock [1]), daſs die Weinsorte Empire State durch das Ringeln ihre Früchte 21 Tage früher wie gewöhnlich reifte, dagegen reagierte Delaware kaum und gab sogar eine geringere Qualität der Trauben.

Man wendet den Ringelschnitt bei dem Weinstock auch als Heilmittel gegen das Verrieſsen oder Reeren der Trauben, d. h. gegen das Abwerfen der jungen Beeren an [2]). Aber als eine ständige, reguläre Manipulation des Kulturschnittes wird das Ringeln nie Eingang finden; es wird immer nur als drastisches Ausnahmemittel in besonderen Fällen zur Anwendung gelangen dürfen, dessen Schädlichkeit häufig den Nutzen überwiegt.

Selbst bei dem Weinstock, bei dem wohl am häufigsten geringelt wird, muſs die Anwendung eine beschränkte bleiben. In den „Annalen der Önologie" (Bd. VI, 1877, Heft I, S. 126) urteilt Göthe, daſs die Hoffnungen für eine allgemeine Ausbreitung des Verfahrens bei Weinstöcken sich nicht realisieren dürften. Der Vorteil der Beschleunigung der Reife sei nicht zu verkennen; man kann auf diese Weise späte Sorten noch zum Ausreifen bringen, aber die Trauben der geringelten Reben geben einen gehaltloseren Wein. Das über der Ringelstelle befindliche Stück der Rebe stirbt (wenigstens bei den europäischen Reben) leicht ab, das unter derselben befindliche wird mangelhaft ernährt, so daſs die Augen unfruchtbar bleiben und bei dem Schnitt nicht berücksichtigt werden dürfen. Auſserdem brechen die geringelten Triebe sehr gern ab.

---

[1]) Paddock, W., Experiments in Ringing Grape Vines. New York Agric. Exp. Stat. Bull. No. 151, 1898.

[2]) Jäger, Obstbau 1856, S. 125.

Auch bei manchen Gehölzen zeigt sich häufig die Beschleunigung in der Entwicklung der unter dem Ringelschnitt stehenden Laubknospen, die sich bis zur Ausbildung von Wasserschossen steigern kann. Bei Apfelbäumen ist der Fall häufiger als bei Birnbäumen.

In neuerer Zeit ist das Ringeln auch bei krautartigen Pflanzen mit eſsbaren Früchten angewendet worden; so erhielt z. B. DANIEL [1]) bei Solaneen gröſsere Früchte durch diese Manipulation. Andere Beobachter konnten dies nicht bestätigen, sondern fanden einen Rückgang in der Entwicklung der ganzen Pflanze [2]).

Wenn wir jetzt zum Studium der anatomischen Verhältnisse, die durch den Ringelschnitt oder „Pomologischen Zauberring" hervorgerufen werden, an der Hand der beistehenden Abbildungen übergehen, so glauben wir, dadurch am besten das Verständnis zu fördern, daſs wir zunächst eine allgemeine Beschreibung von Fig. 182 und Fig. 183 geben.

Fig. 182 stellt eine geringelte Weinrebe dar; *u* ist der untere, *u'* der obere Überwallungsrand, *bl* die bloſsgelegte Stelle des Holzkörpers.

Fig. 183 ist der Längsschnitt durch den unteren, schwächeren Überwallungsrand (Fig. 182, *u*). *S*, *S'* ist die Ebene, in der der untere Messerschnitt beim Ringeln ausgeführt wurde, *S*, *S'*, *C'* ist das hervorgetretene Gewebe des Überwallungsrandes. *H* stellt die äuſserste Lage des bloſsgelegten Holzkörpers dar; in diesem bedeuten *g*, *g'* Gefäſse und *h*, *h'* poröse Holzzellen. *R* ist, wie in Fig. 182, die bei dem Ringeln durchschnittene Rinde, die vom Holz durch das hervorquellende Überwallungsgewebe *r*, *C*, *C'* weit abgedrängt erscheint. Dasselbe liegt bei *z'* eng dem Holzkörper an und wird nach auſsen hin durch eine Korkschicht, *k k'*, geschützt. Dieser hervortretende Überwallungsrand von parenchymatischem Gewebe wird durch die bogig verlaufende Cambiumzone *c*, *c*, *c'* differenziert in das parenchymatische Wundholz *wh* und die Wundrinde *wr*. Beide sind fächerartig durchzogen von den Markstrahlen *m*.

s

R.

bl

u'

u

Fig. 182. Ringelwunde an einer Weinrebe mit dem oberen, stärker entwickelten (*u'*) u. dem schwächer ausgebildeten unteren Überwallungsrande (*u*). (Orig.)

Wie ein solcher Überwallungsrand im Querschnitt erscheint, zeigen die Fig. 184 und 185, von denen die erstere aus dem oberen Wundwall dicht an der Stelle entnommen worden ist, wo derselbe aus der Rinde hervortritt, während Fig. 185 aus einer breiteren, entfernteren Region stammt.

Wir sehen bei Betrachtung von Fig. 183, daſs aus dem Wundrande ein massiges Gewebe hervorgetreten ist, das durch drei- bis vierfache Teilung des Cambiums entstanden ist und anfangs den Charakter von Callus [3]) zeigt; dasselbe gilt von den Teilungsprodukten der jüngsten

---

[1]) DANIEL, LUCIEN, Effets de la décortication annulaire chez quelques plantes herbacées. Compt. rend. Paris 1900, S. 1253.

[2]) HEDRICK, TAYLOR and WELLINGTON, Ringing herbaceous plants. Arb. d. landwirtschaftlichen Versuchsstation des Staates New York zu Geneva. Bull. No. 288, 1906.

[3]) Alles jugendliche Vernarbungsgewebe mit Spitzenwachstum seiner Zellreihen, gleichviel ob es an einer Schnittfläche über oder in der Erde entsteht, ist als „Callus" zu bezeichnen. Der berindete, verholzende, durch eine innere Meristemzone fortwachsende Callus wird von uns als Überwallungsrand angesprochen.

Rinde, die mit dem Cambiumcallus vereinigt den späteren Überwallungswulst bilden.

Zur Zeit der Ringelung (im Juli) war der alte Holzkörper (Fig. 183, *H*) der Rebe schon stark entwickelt. Wir erkennen langgestreckte, dickwandige, in der unmittelbaren Nähe der Gefäſse (*g*) vorzugsweise mit horizontalen Querwänden versehene (*h*), sonst meist keilförmig zugespitzte

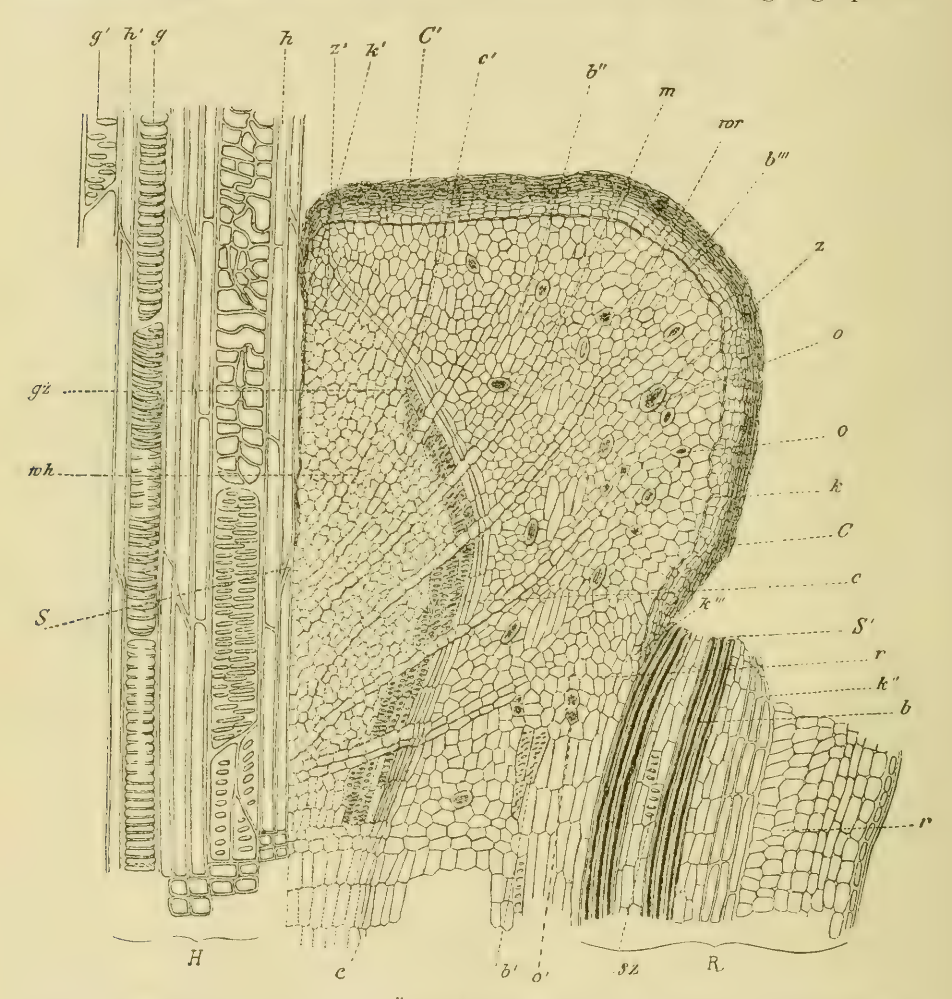


Fig. 183. Längsschnitt durch den Überwallungswulst, der aus dem unteren Rande der Ringelwunde (Fig. 182, *u*) sich entwickelt hat. (Orig.)

Holzzellen mit feinen Porenkanälen (*h'*). Die engeren Gefäſse sind Spiral- oder auch Ringgefäſse (*g*), die weiteren zeigen kreisrunde bis spaltenförmige, gehöfte Tüpfel (*g'*); die weitesten haben eine leiterförmig- oder netzartig-poröse Wandung. Die leiterförmige Anordnung der Tüpfel entspricht den reihenweis gelagerten Poren der die Gefäſse umgebenden Zellen, deren Wandung auf der Gefäſswandung abgedrückt ist.

Der untere Ringelschnitt, durch den die Ringelblöſse (Fig. 182, *bl*) hergestellt wurde, wird in Fig. 183 durch die Ebene *SS'* bezeichnet. In

diesem Längsschnitt erstreckt sich also die Ringelblöfse von *S* aufwärts, an den blofsgelegten Holzzellen entlang. Bei *S'* sehen wir, wie das Messer senkrecht zur Längsrichtung der Rebe den Rindenkörper (*R*) glatt abgeschnitten hat. Zur Zeit der Ausführung des Schnittes lag die Rinde *R* dicht an dem Holzkörper *H*; das dazwischenliegende, weit hervorgewölbte Gewebe (*rCC'*) ist nach der Ringelung entstanden. Und zwar tritt durch die mit der Entfernung der Rinde verbundene ungemeine Verminderung des Rindendruckes in der Schnittebene *SS'* und den darangrenzenden Teilen in den Zellen des Cambiums sowohl als auch in denen des jüngsten Holzes sowie der jüngeren und jüngsten Rinde durch überraschend starke Zellvermehrung eine Callusbildung ein, indem die Endzellen der genannten Gewebe und die unmittelbar daranstofsenden sich nach aufsen wölben, sich teilen, sich strecken und ihr hinteres Ende durch eine Querwand von dem vorderen Ende abgrenzen. In diesen vorderen Enden wiederholt sich das Strecken und Abschnüren mehrere Male. Auf diese Weise wölbt sich rings am Schnittrande ein Calluswall *CC'* hervor, dessen Innenrand bei *z'* eng dem Holzkörper anliegt, ohne jedoch je mit ihm zu verwachsen.

Allerdings ist dieser Calluswall zunächst nicht von der Ausdehnung und dem Bau, wie ihn die Zeichnung zeigt; diese stellt vielmehr einen aus dem Callus hervorgegangenen Wundwall dar, welcher durch die Vermehrung der neuen Cambiumzone *c'* bereits sekundäre Verdickungselemente gebildet hat. Ursprünglich besteht dieser Calluswall nur aus zartwandigen, alsbald in fächerförmigen Reihen geordnet erscheinenden, in allen Richtungen fast gleichen Durchmesser zeigenden, parenchymatischen Zellen *zz'*.

In einem solchen jugendlichen, sich bald differenzierenden Calluswall bildet sich zunächst an dem äufseren Umfange eine allmählich an Dicke zunehmende Korkzone *k*, *k'* als Schutzschicht der dünnwandigen, neugebildeten Gewebemasse. Ebenso grenzt sich die Schnittfläche des alten Rindengewebes *R*, das durch das neue Wundgewebe weit vom Holzkörper entfernt worden ist, durch eine Korkschicht *k''* nach aufsen ab. Die vom Schnitt getroffenen alten Hartbastzellen *b* sind von der Schnittfläche aus bis tief in das gesunde Gewebe hinein braun und abgestorben. Das hinter diesen Bastzellen nach innen gelegene, ehemals jüngste Rindengewebe *r* hat an der Zellvermehrung und Callusbildung teilgenommen; nur in den, dem Hartbast zunächstliegenden Zellen der einstigen jüngsten Rinde hat sich eine die tote Stelle isolierende Korkzone *k'''* gebildet. In der Nähe dieser Korkzone verlaufen die zur Zeit des Ringelns schon angelegten, aber durch den Einflufs des Schnittes nicht mehr normal wie *b* gestreckten Hartbastzellen *b'*, deren reihenweis gestellte Elemente sich rückwärts in das gesunde Gewebe hinein verfolgen lassen und allmählich sich an den alten Bast anlegen; diese Reihe findet in dem Wundwall ihre Fortsetzung in langgestreckten, aber noch sehr dünnwandigen Zellgruppen *b''*, die in gleichen Abständen von der Cambiumzone liegen.

Die Cambiumzone, welche in dem unterhalb der Schnittebene liegenden Teil der normal entwickelten Rebe dicht an den prosenchymatischen Holzelementen verläuft, beschreibt bei ihrem Eintritt in den Wundwall oder Überwallungsrand einen weiten Bogen *c*, *c*, *c'*; sie teilt das anscheinend gleichartige Grundgewebe in eine dem alten Holzkörper anliegende Partie von Parenchym mit stärker porösen Wandungen, das Wundholz *wh*, und eine äufsere Partie, die Wund-

r i n d e *wr*. In der deutlich markierten, fächerartigen Anordnung der einzelnen Zellenreihe erkennt man diese Reihe als sekundären Nachwuchs der schon sehr früh in dem Calluswulst auftretenden Cambiumzone. Die Elemente, welche aus dieser Cambiumzone hervorgehen, haben nahezu in derselben Horizontalfläche dieselbe parenchymatische Gestalt; nur unterscheidet sich, wie gesagt, das parenchymatische Holz *wh* von dem Rindengewebe durch seine porösen Wandungen, die stärker verdickt und dichter, also auch scharfkantiger aneinander gelagert sind; es hat sich hier bereits ein stärkerer Druck geltend gemacht.

Aber auch in dem Rindengewebe selbst ist eine deutliche Differenzierung bemerkbar. Zwischen den etwa ovalen Zellen, welche die Grundmasse der Rinde bilden, finden wir länger gestreckte, schmalere, etwa prismatische Zellen in bogiger, der Cambiumzone annähernd paralleler Anordnung *b''*, welche die ersten Anlagen der Hartbastzellen darstellen; sie sind reicher an Inhalt und begleitet von Schlauchzellen, die in ihrer Längsrichtung meist parallel dem jungen Baststreifen laufen und Raphiden von oxalsaurem Kalk *o* enthalten, während das Rindengewebe, das aus der zur Zeit des Schnittes schon vorgebildeten jüngsten Rinde entstanden ist und deutlich dickwandige, wenn auch noch kurze und weite Hartbastzellen enthält, den oxalsauren Kalk in sternförmigen Drusen oder grofsen, die Zelle ausfüllenden Einzelkristallen enthält, wie er vorzugsweise in der normalen Rinde vorkommt (*o'*). An der Übergangsstelle sind Raphiden und Sterndrusen oft nur durch zwei Zellen getrennt. Hier hat also nur das locker gebaute Gewebe Raphiden.

Am besten gewahrt man die mit den Basträngen parallele Lagerung der oxalsauren Kalk führenden Schlauchzellen auf Tangentialschnitten an Kirschen; dort sieht man die vielfach netzförmig aneinandertretenden Stränge des Bastes begleitet von dichtanliegenden, in die Länge gestreckten parenchymatischen Zellen, von denen fast eine jede eine Druse von oxalsaurem Kalk aufzuweisen hat. Bei dem Wein ist dies weniger scharf ausgeprägt und wird in dem Mafse undeutlich, als das Gesamtgewebe im Überwallungsrande seine Differenzierung nahezu verliert. In diesem wenig differenzierten Teile erkennt man schon Gruppen dickwandigerer Elemente, ohne dafs in der Umgebung bereits oxalsaurer Kalk abgelagert wäre. Der Kalk tritt in den früher mit Stärke erfüllten Zellen auf, was darauf hinweist, dafs bei der L ö s u n g d e r K o h l e n h y d r a t e o x a l s a u r e r K a l k eines der Endprodukte des Lösungsprozesses ist.

Man findet in den äufsersten peripherischen Zonen des Überwallungsrandes darum keinen oxalsauren Kalk, weil diese Zonen aus dem erstgebildeten Gewebe des über die Schnittfläche hervorquellenden, schnell wachsenden, undifferenzierten Callus bestehen, in denen das Material gänzlich zur Zellvermehrung verbraucht wird und sich nicht schliefslich als Reservestärke ablagert. Aber es bleiben im ganzen nur wenige peripherische Zellreihen stets stärkefrei und damit frei von späterem oxalsaurem Kalk; denn das über die Schnittfläche hervortretende Gewebe, das nur so lange den Namen „Callus“ verdient, als es vollkommen undifferenziert ist, läfst bald eine Verschiedenartigkeit in seinem Bau erkennen und tritt somit sehr schnell aus dem Calluszustand in den Zustand des Überwallungsrandes. Bald nach der Bildung der peripherischen Korkumhüllung erscheint auch im Innern des callösen Gewebes eine Meristemzone, welche die Fortsetzung des Cambiumringes des normalen Rebenstückes innerhalb des Überwallungsrandes

darstellt. Aufserhalb dieser Meristemzone erkennt man dann auch schon die ersten Spuren eines Bastkörpers in einzelnen, dicht unter der Korkzone zerstreut liegenden parenchymatischen Zellen mit etwas stärker lichtbrechender, wie es scheint, leicht quellbarer Wandung *b'''*. Bei einigen derselben glaube ich eine ähnliche Siebporenzeichnung erkannt zu haben, wie sie in der tangentialen Wandung normaler Rindensiebzellen *sz* gefunden wird, so dafs man schliefsen kann, dafs die erste Differenzierung des Callusgewebes, welche fast gleichzeitig mit der Bildung der neuen Cambiumzone auftritt, innerhalb der Rinde in der Ausbildung von Siebzellen besteht.

Das aus der Cambiumzone hervorgehende Gewebe erscheint in der Fig. 183 der Länge nach gefächert durch die in ihrer radialen Streckung bevorzugten, in ihrem Inhalt helleren Markstrahlzellen *m*, welche, wie das übrige Gewebe, an der Peripherie des Überwallungsrandes kleinzelliger sind, innerhalb des Überwallungsrandes eine der Senkrechten genäherte Richtung haben und erst allmählich in dem Maſse zur normalen horizontalen Lagerung übergehen, als sie in das normale Gewebe des unverletzten Rebenstückes eintreten.

Das zwischen den helleren Markstrahlen liegende Holz ist in der Jugend des Überwallungsrandes, wo also erst das dem Korkrande zunächst liegende Gewebe entstanden war, kurz, sehr dünnwandig, parenchymatisch. Es erscheint, je weiter man es nach dem normalen Gewebe hin untersucht, desto länger und derbwandiger und geht aus seiner radialen Streckung immer mehr in die longitudinale der normalen Holzelemente über. Je früher im Jahre die Ringelung vorgenommen worden ist, je länger also die neugebildete Cambiumzone des Überwallungsrandes sekundäres Wundholz produziert, um so mehr nähern sich die später gebildeten Elemente schon in ihrer Länge und Gestalt dem normalen Holze.

In diesem zartwandigen parenchymatischen Holze treten als erste dickwandige Elemente kurze, treppenartig poröse Gefäfszellen *gz* auf; dieselben haben anfangs die Gröfse und Lagerung der Holzparenchymzellen ihrer Umgebung und nehmen, je mehr sie sich dem unverletzten Holzteile nähern, immer mehr die Gestalt und Lagerung normaler Gefäfse an. Im Gegensatz zu de Vries mufs ich behaupten, dafs die kurzen Gefäfszellen nicht immer die ersten dickwandigen Elemente sind. Bei sehr schwach entwickelten unteren Ringelwülsten geht manchmal das Parenchymholz direkt in normal gelagerte, schwach verdickte Holzelemente über, ohne dafs kurze Gefäfszellen vorher auftreten.

Bei dem oberen Überwallungsrand einer Ringelblöfse, deren Callus in derselben Zeit meist schon mehr als doppelt so stark sich entwickelt, sind die Cambiumzone breiter, die sämtlichen Elemente zahlreicher und der Anfang der Gefäfsbündel im Callus immer mit Gefäfszellen beginnend. Die Ausbildung der Gefäfszellen erfolgt um so früher, also um so näher dem alten Holzkörper, ihre Gestalt, Gröfse, Verdickung und Lagerung wird um so normaler, je weiter von der Schnittfläche aus rückwärts das Gewebe liegt, dessen Gefäfsstrang *gz*, sich unmerklich an das vor der Ringelung gebildete normale Holz anlegt und dessen weitere Verdickung ausmacht.

Wir können nach dem in Fig. 183 dargestellten anatomischen Befunde uns also bildlich in der Weise ausdrücken, dafs der Ringelschnitt in dem die Wunde begrenzenden berindet gebliebenen Teile der Rebe

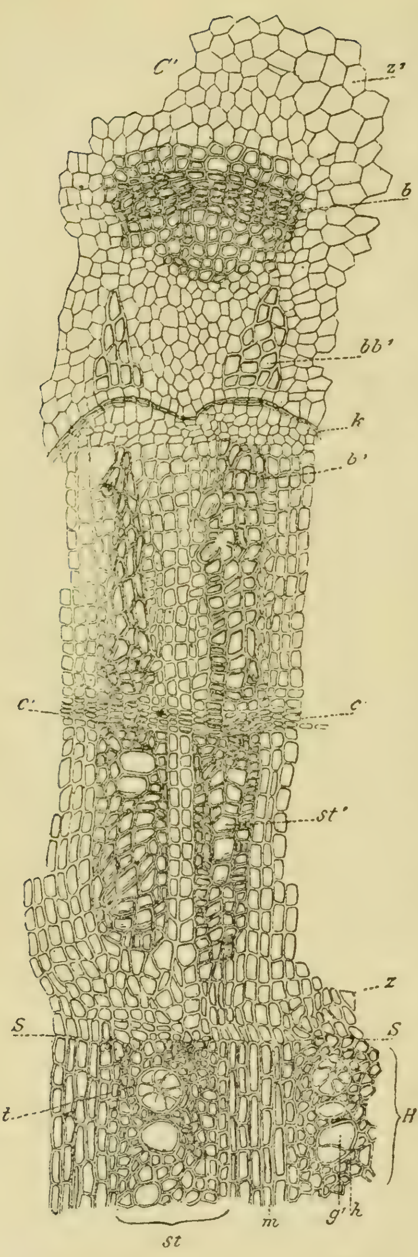


Fig. 184. Querschnitt durch den Ringelwulst dicht an seiner Austrittsstelle in der Ebene S bis S' von Fig. 183. (Orig.)

eine ungemeine Lockerung des Holzkörpers hervorgebracht hat. Dadurch sind die Gefäſsbündel, welche aus dickwandigen Holzzellen und Gefäſsröhren einerseits und aus dickwandigen Hartbastzellen und Siebzellen jenseits des Cambiums bestehen, und welche im normalen Holzkörper in konzentrischen Kreisen dicht aneinander gelagert sind, auseinandergerückt und in einzelne durch Parenchymmassen getrennte Stränge aufgelöst. Diese Stränge gz' (Gefäſsstrang) und b' (Baststrang) setzen sich, an Elementen immer ärmer werdend und immer mehr sich verändernd, in den als Calluswulst ursprünglich über die Schnittfläche hervorbrechenden Überwallungsrand fort.

Daſs der Gefäſsbündelkörper, welcher in den unverletzt gebliebenen Teilen der Rebe den nur durch wenigzellige Markstrahlen gefächerten Holzkörper und Bastring bildet, gleichsam durch das infolge der Ringelung entstandene parenchymatische Gewebe in einzelne, immer dünner werdende, wellig in radialer und tangentialer Richtung verlaufende, untereinander anfangs noch durch Anastomosen netzartig verbundene, endlich aber isoliert und in fächerartig auseinandergehende Stränge zerfasert wird, sehen wir am besten an Querschnitten, die in verschiedenen Höhen durch den Ringelwulst geführt werden. Wegen der gröſseren Deutlichkeit sind die Querschnitte Fig. 184 und Fig. 185 aus dem oberen, analog gebauten aber stärker entwickelten Überwallungsrande derselben Weinrebe entnommen worden, die den Längsschnitt Fig. 183 geliefert hat.

Fig. 184 zeigt den Ringelwulst querdurchschnitten in der Höhe, wo derselbe aus der alten Rinde heraustritt, also ungefähr bei S bis S' in Fig. 183; Fig. 185 ist ein Querschnitt durch die Mitte des herausgetretenen Teiles des Überwallungsrandes, also etwa in der Ebene k bis wh bei Fig. 183. Fig. 184, H stellt ein Stück des alten vor der Ringelung gebildeten Holzes dar; g' bezeichnet die weiten, leiterförmigen oder spaltenförmig-porösen Gefäſse, von denen diejenigen,

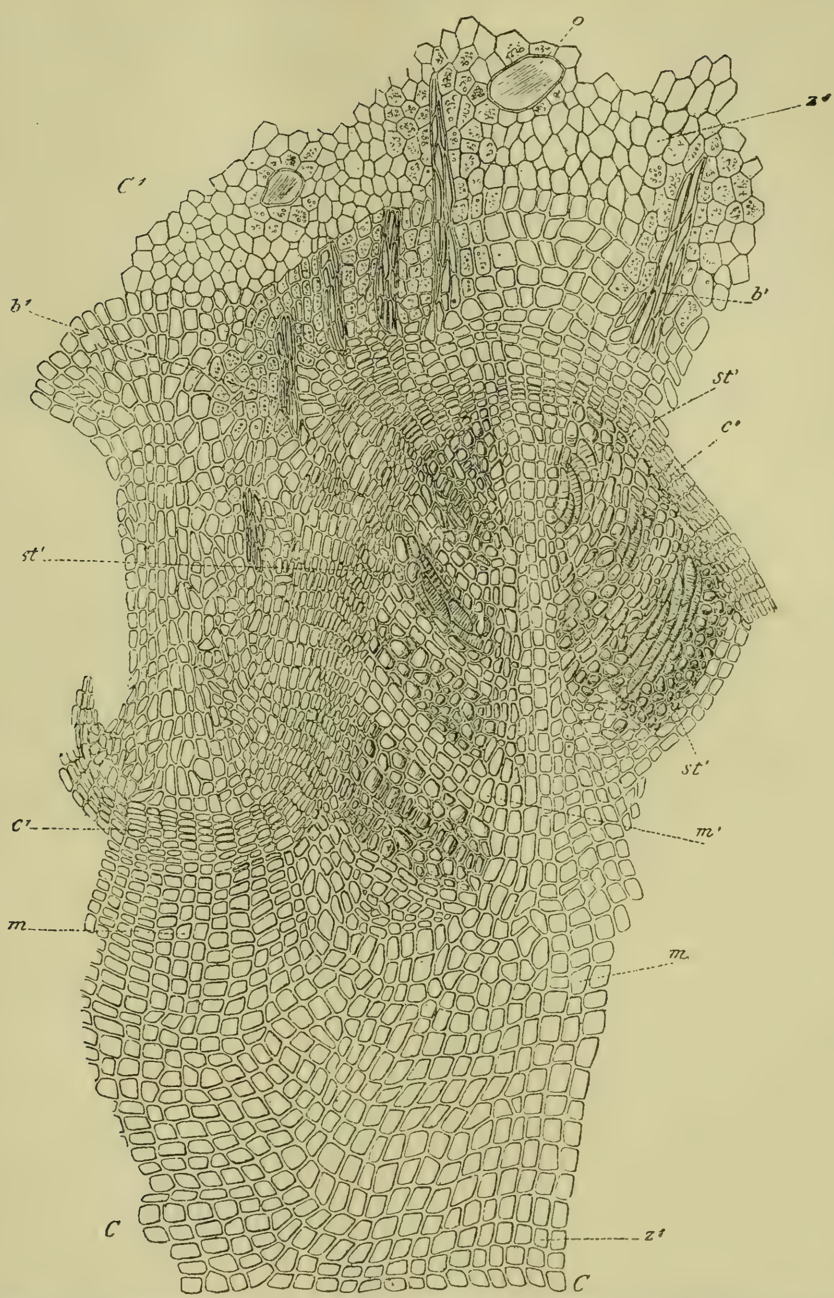


Fig. 185. Querschnitt durch den Ringelwulst in gröfserer Entfernung von der Austrittsstelle, also in üppigerer Entwicklung, wie er in Fig. 183 etwa in der Ebene *k—wh* zu finden wäre. (Orig.)

welche der Schnittfläche *S* bis *S'* am nächsten liegen, infolge der Verwundung sich mit Thyllen *t* angefüllt haben und infolgedessen für die Durchlüftung unwegsam geworden sind; *h* zeigt die querdurchschnittenen Holzzellen.

S bis *C'* (bei Fig. 185 *C* bis *C*) ist die infolge des Ringelschnittes entstandene Neuholzbildung des Überwallungsrandes. In diesen Überwallungsrand hinein, der aus dem Callus hervorgegangen ist, sehen wir aus dem normalen Gewebe *H* die Markstrahlen *m* mit kurzer Unterbrechung sich fortsetzen. Die Markstrahlen werden immer breiter, die Gefäſsbündel, deren Holzkörper im normalen Holze dicht aneinander gelagert sind, werden nun durch die stets breiter werdenden Markstrahlpartien immer weiter auseinandergerückt; die Bündel werden dabei ärmer an Elementen, und normale Holzzellen sind nicht mehr vorhanden. Der Strang *st'* besteht nur noch aus kürzeren, weiten, runden und engeren mehr abgeplatteten Gefäſsen, nebst weiten, meist schon stumpf aufeinandersitzenden weniger dickwandigen Holzzellen.

Der eine Strang Fig. 184, *st* im normalen Holze hat sich im Gewebe des Ringelwulstes bereits in zwei Stränge *st'* gespalten und diese haben sich in der noch weiter von der Schnittebene entfernten Region (Fig. 185, *st'*) wieder in je vier Stränge gefächert. Dabei sind durch die Bildung neuer Markstrahlen (Fig. 185, *m'*) die neuen Bündel aus ihrer bisherigen Anordnung herausgedrängt worden; sie rücken jetzt in einzelnen Gruppen weiter nach der Peripherie des immer dicker werdenden Ringelwulstes. Indem auch die tertiären Markstrahlen immer breiter werden, erscheinen nun auch diese dünnen, sich im Längsverlauf verästelnden Stränge von Gefäſsen (Fig. 185, *st'*) immer weiter auseinander gerückt, bis sie endlich in der Nähe des Auſsenrandes des Ringelwulstes ganz verschwinden. Die letzten Ausläufer dieser Elemente sind kurze, weite, poröse Zellen von Parenchymholz.

Es ist bekannt, daſs zu jedem Gefäſsstrange des Holzkörpers ein Baststrang gehört. Das Holz ist mit der Rinde Geschwisterkind [1]. In Fig. 184, *b* sehen wir das Hartbastbündel, welches zu dem Holzstrange *st* gehört; *b'* und *bb'* stellen die in ihren Zellen analog den Holzelementen weiter gewordenen Bastkörper dar, welche zu *st'* gehören; die radiale Verdickung der Weichbastzellen ist in der Zeichnung nicht gut wiedergegeben.

Im Herbst, wenn die Weinrebe ihre primäre Rinde durch eine Korkzone abgrenzt, hat die wellig verlaufende Korkschicht *k* hier im Ringelwulst die Bastbündel in zwei Teile (Fig. 184, *b'* und *bb'*) zerschnitten: *c' c'* bedeutet bei Fig. 184 und 185 die Cambiumzone, Fig. 185, *o* ist eine Schlauchzelle mit oxalsaurem Kalk in Raphidenform; bei einigen Schlauchzellen lassen sich scharf zackenartige, sehr kleine Vorsprünge auf der Innenseite der Membran wahrnehmen.

Die erste Differenzierung im Calluswulst läſst sich auch nach Übergang desselben in den fertigen Überwallungsrand oder Ringelwulst noch erkennen, wenn man, von der äuſsersten Korklage beginnend, Querschnitte durch das Wulstgewebe macht, wenn man also bei Fig. 183 von der am meisten nach unten vorgewölbten Partie beginnt und nach oben hin fortschreitet. Bezeichnen wir den dem alten Holze anliegenden Teil (Fig. 183, *z'* bis *S*) als dessen Innenseite im Gegensatz zu der kugelig gewölbten Auſsenseite; es zeigt sich nach den ersten Querschnitten bereits das unmittelbar unter der Korkzone liegende parenchymatische Gewebe des Innenrandes durch Jod dunkler gefärbt als die entsprechende Partie der gegenüberliegenden Auſsenseite. Ebenso erkennt man bei Anwendung von Jod auch eine radiale Fächerung des

[1]) Ratzeburg, Waldverderbnis I, 70.

Gewebes, indem Streifen von anfangs nur 1—3 Zellen Mächtigkeit durch Jod dunkler gefärbt werden als die breiteren zwischen ihnen liegenden Partien. Auch in der Gestalt der Zellen läfst sich schon in den ersten Querschnitten ein Unterschied finden, indem die dem Aufsenrande näher liegenden Zellen rundlicher als die dichteren, dem Innenrande genäherten Zellen erscheinen; auch sind die sämtlichen, direkt unter der verkorkten Aufsenschicht liegenden Zellen kleiner als die im Zentrum liegenden. Die helleren Streifen enthalten Zellen von gröfserer radialer Streckung: die erste Andeutung der Markstrahlen. Die Zone der erneuten Zellteilungen zum Zwecke der Anlage des späteren Cambiumringes liegt zunächst dicht an der Innenseite des Calluswulstes, sich an die Region von Zellen anschliefsend. welche zur Verstärkung der peripherischen Korkzone zuletzt in Teilung getreten ist; von da aus rückt sie in den folgenden Querschnitten immer weiter von dem alten Holzkörper fort (vgl. den bogigen Verlauf im Längsschnitt Fig. 183, *c* bis *c'*), erreicht noch aufserhalb der Ebene, in welcher der Ringelschnitt ausgeführt worden ist, ihre gröfste Entfernung vom alten Holzkörper und nähert sich innerhalb der alten Rinde wieder dem normalen Holze, bis sie als normales Cambium auch wieder ihre gewöhnliche Lage einnimmt.

Was hier speziell vom Weinstock gezeigt worden ist, findet im Prinzip bei allen Ringelungen statt; der spezielle Aufbau ist natürlich je nach der Pflanzenart verschieden.

Betreffs der anatomischen Elemente, welche die Stoffleitung übernehmen, hat Czapek[1]) gezeigt, dafs für sämtliche Assimilate nur die Siebröhren und Cambiformzellen in Betracht kommen können, und zwar sind die stoffleitenden Bahnen im Leptom selbst geradlinig. Das Leptomparenchym dient ähnlich den Markstrahlen als Speicherungsgewebe. Die Reservestoffe werden in ihrer Ablagerung insofern beeinflufst, als im Frühjahr, zur Zeit des Austreibens, nach Leclerc du Sablon[2]) bei den in der Nähe des Wurzelhalses geringelten Bäumen die Wurzeln reicher, die Stämme ärmer an Reservestoffen sind als bei den nicht geringelten Bäumen. Die Blätter der ersteren sind zwar weniger grün, aber enthalten viel mehr Reservestoffe, als die der ungeringelten Exemplare, und gehen nach meinen Beobachtungen viel früher in die Herbstfärbung über.

Die Schälwunde.

a. Geschichtliches.

Die Vorgänge der Wundheilung bei einer den Stamm umfassenden, oft meterlangen Holzblöfse, die durch Entfernung der gesamten Rindenelemente entstanden ist, sind schon seit mehr denn hundert Jahren Gegenstand der Beobachtung einzelner Forscher gewesen.

So zitiert Treviranus[3]), dafs L. Frisch bei einem Gutsbesitzer in der Mark mehrere Apfel- und Birnbäume sah, denen man die ganze Rinde vom Ansatze der untersten Zweige bis zur Wurzel im ganzen

[1]) Czapek, Fr., Über die Leitungswege der organischen Baustoffe im Pflanzenkörper. Bot. Centralbl. 1897, Bd. 69, S. 318.

[2]) Leclerc du Sablon, Recherches physiologiques sur les matières de réserves des arbres. Revue générale de Bot. t. XVIII; cit. Bot. Centralbl. v. Lotsy, 1906, Nr. 43, S. 447.

[3]) Treviranus, Physiologie der Gewächse Bd. II, Abt. I, 1838, S. 222.

Umfange des Stammes so genommen hatte, daſs überall das weiſse Holz zu sehen war. Die Bäume waren wieder mit neuer Rinde bekleidet. FRISCH versichert, daſs dieses Experiment immer gelinge, wenn man nur die Zeit der Sonnenwende dazu benutze und die entblöſste Oberfläche, auf welcher man den Saft mit einer Feder gleichmäſsig ausbreiten soll, durch Leinwand oder Rohrdecken gegen Sonne und Wind schütze (Miscell. Berolin. Contin, II [1727] 26).

Der berühmte Experimentator DUHAMEL[1]) nahm in der Saftzeit von mehreren jungen Stämmen von Ulmen, Pflaumen usw. einen etwa 7—10 cm breiten Ring bis aufs Holz weg und umgab die Wunde mit einem Glaszylinder, der oben und unten am unverletzten Stammteil mit Kitt und Blase verschlossen wurde. Er sah auf der Holzfläche zarte, gallertartige Wärzchen sich bilden, welche zwischen den Holzfasern des Splintes hervorbrachen (des mamelons gélatineux qui sortaient d'entre les fibres longitudinales de l'aubier); diese Wärzchen, welche der Mehrzahl nach unter äuſserst zarten, wahrscheinlich stehengebliebenen Bastlamellen sich emporhoben, waren erst weiſs und halb durchscheinend, später grau und nach 10 Tagen (am 18. April) grün. Diese Neubildungen breiteten sich im Laufe des Sommers aus und erzeugten durch Vereinigung eine narbige Rinde, unter welcher zarte Holzlamellen erkennbar waren. „Ainsi il est bien prouvé que le bois peut produire de l'écorce et que cette écorce est des lors en état de produire des feuillets ligneux . . .“

Ähnliche Versuche machte KNIGHT und erhielt ähnliche Erfolge. Einmal beobachtete er[2]) an *Ulmus montana* eine Reproduktion der Rinde, ohne daſs die Wunde bedeckt war; der Baum hatte einen schattigen Standort. An alten gekappten Eichen mit unvollkommen eintretender Neuberindung fand KNIGHT, daſs die gallertartigen Wärzchen aus dem parenchymatischen Zellgewebe hervorquellen, und „in vielen Fällen wurde nur auf deren Oberfläche eine neue Rinde in kleinen und getrennten Portionen erzeugt“.

MEYEN[3]) zitiert die Beobachtungen von WERNECK, nach welchen die Wiedererzeugung der Rinde nur dann gelingen soll, wenn das Abschälen um Johanni geschieht, wenn die Stämme noch jung sind und die verwundete Stelle „sehr sorgfältig durch einen hohl und dicht anliegenden Verband gegen Austrocknung geschützt wird.“

MEYEN's[4]) eigene Ansicht finden wir bei Wiedergabe seiner Versuche in seiner Phytopathologie. Er schälte am 30. April 1839 während eines warmen Sonnenscheins Stämmchen und groſse Äste von Haselnuſs, Schneeball, Syringa und Weide, umschloſs die Schälstellen nach Art der DUHAMEL'schen Experimente mit verkitteten Glasröhren, die noch mit Papier umwickelt wurden, obgleich er die Versuche an stark bebuschten Stellen ausführte. Auch hier wurden gallertartige Tröpfchen ausgeschwitzt, „welche stets an denjenigen Stellen hervortraten, wo die Markstrahlen auf der Oberfläche des Holzes zum Vorschein kommen“.

Die mikroskopische Untersuchung dieser Ausschwitzungen ergab ihre Zusammensetzung aus zartem Zellgewebe, „welches sich durch den neuen, gummihaltigen Saft immer mehr und mehr vergröſserte, der durch die Markstrahlzellen ausgeschieden wurde“.

---

[1]) DUHAMEL, Physique des arbres 1758, II, S. 42, t. VIIff. 63 und a. a. O. S. 44, t. VIIIff. 66, 67.

[2]) TREVIRANUS a. a. O. S. 223 (Beytr. 223).

[3]) MEYEN, Neues System d. Pflanzenphys. 1837, S. 394.

[4]) MEYEN, Pflanzenpathologie, herausgeg. v. Nees v. Esenbeck. Berlin 1841, S. 14.

Die grünliche Färbung, welche diese Neubildungen annehmen, rührt von Chlorophyllkörnern her. Diese Neubildungen erhielten im Laufe des Versuchsjahres eine Stärke bis zu 11 mm, schrumpften aber bei dem Vertrocknen stark ein.

Meyen kann diesen neuen Produktionen, die übrigens auch im Freien an schattigen Orten entstehen[1]), nicht die Bedeutung der Rinde zusprechen; denn man sieht „keine Sonderung der verschiedenen Schichten, aus welchen die normale Rinde desselben Baumes besteht, und es findet sich in derselben auch keine Spur von Baströhren, welche offenbar besonders wichtig sind . . . .“

Der seinerzeit ausgezeichnete Physiologe, der nach der Mirbel'schen Anschauung das Cambium für einen strukturlosen Saft anspricht, der solche Zellbildungen hervorbringt wie die, aus denen er herausgetreten, hat zwar das Verdienst, das Mikroskop bei Untersuchung der neuen, bei Heilung der Schälwunde auftretenden Produktionen angewendet zu haben, allein es ist ihm nicht geglückt, die Holzproduktion unter den Neubildungen zu beobachten und die Analogie dieser Bildungen mit der normalen Rinde nachzuweisen.

Wahrscheinlich waren die feuchte Luft und starke Beschattung seiner Zylinder schuld, da diese Faktoren, wie wir sehen werden, den Charakter der Neubildung wesentlich beeinflussen.

Früher als Meyen experimentierte Dalbret[2]), indem er am 21. Juni eine Esche und einen Nufsbaum schälte, die Schälstellen in Zylinder einschlofs und dieselben Resultate wie Duhamel erhielt.

Th. Hartig[3]) schälte im Frühjahr 1852, als die Entwicklung der neuen Jahresringe bereits begonnen hatte, 30—40 ältere Eichen auf 6—8 m Länge vom Boden aus und fand im August die meisten der geschälten Bäume ebenso dicht belaubt als die danebenstehenden, nicht entrindeten Stämme. An 5—6 jungen Stämmen hatte sich, „merkwürdigerweise“ fast nur auf der Sonnenseite, ein aus den Markstrahlen des Holzes hervorgedrungener grindiger Ausschlag gebildet. Die anatomischen Untersuchungen zeigten, dafs der Ausschlag, ganz unabhängig vom Baste und Cambium, allein aus dem Holze hervorgegangen und ein Produkt der Markstrahlen sei.

Die Neubildung beginnt mit dem Auftreten einer Korkzellenlage an der Peripherie des gesunden Markstrahlgewebes, durch welche eine äufsere, abgestorbene Partie abgegrenzt wird. Der lebendige Teil des Markstrahls entwickelt nun in seinem Umfange mehrere Lagen parenchymatischer Zellen, die sich wie das vorhandene Markstrahlgewebe grün färben. Durch die Vermehrung des parenchymatischen Gewebes um den Markstrahl herum entsteht ein schnell stärker werdender Calluswulst, der die mit Lenticellenbildung beginnende Korkschicht immer weiter nach aufsen drängt. „Das neue Zellgewebe entwickelt sich nicht etwa an einem Orte, vom lebendigen Markstrahl aus, sondern wie überall, bilden sich neue Zellen an allen Orten im Innern der vorgebildeten Zellen, diese resorbieren die Mutterzellen, erwachsen zur Gröfse derselben und erweitern die Masse in allen ihren Teilen. Trotz

[1]) Pflanzenphysiologie Bd. I, S. 390.

[2]) Journal de la société d'agronomie pratique 1830; cit. von Trécul in „Accroissement des végétaux dicotylédonés ligneux“. Annales des sciences natur. III. Série, t XIX, Paris 1853.

[3]) Th. Hartig, Vollst. Naturgesch. d. forstl. Kulturpfl. Deutschlands. Berlin 1852. Figurenerklärung Tafel 70, Fig. 1—3.

der Erweiterung des Callus durch das heranwachsende Zellgewebe behält daher der lebendige Teil des Markstrahls stets denselben Umfang, dieselbe Gröfse, Zahl, Form und Stellung des ihn konstituierenden Zellgewebes."

„Hat der Callus eine gewisse Ausdehnung erreicht, so werden einzelne Partien ungemein dickwandig, wie dies auch im normalen Verlauf des Rindenlebens der Fall ist (Steinzellennester). Weiterhin entwickelt sich an jeder Seite des lebenden Markstrahls, unfern der Spitze desselben, im Zellgewebe zwischen ihm und der Korkschicht ein Faserbündel, bestehend aus getüpfelten Holzfasern und Holzröhren." Durch Verschmelzung der einzelnen gleichnamigen Gewebezonen der bisher völlig isoliert gewesenen, warzenartig hervortretenden Neubildungen entsteht eine zusammenhängende, mit Korklage versehene Rindenschicht, welche nur durch die radiale Anordnung ihrer Zellelemente im Querschnitt von dem Bau der normalen Rinde abweicht. „An den Seiten der Markstrahlspitze schreitet die Entwicklung des Holzkörpers bis zur Bildung einer zusammenhängenden, vom Zellgewebe des alten wie von neu gebildeten, kleineren Markstrahlen durchsetzten Holzschicht vor. Die einzelnen Holzbündel bestehen aus Holzfasern und Holzröhren. Eigentliche Spiralfasern fehlen. Mit vorschreitender Entwicklung des Holzkörpers bildet sich auch eine Trennungslinie zwischen ihm und dem Rindenkörper (Meristemzone Ref.) immer schärfer aus, obgleich weder von Bastfasern noch von Saftröhren eine Spur zu entdecken ist."

Die einen bedeutenden Fortschritt darstellenden Beobachtungen von Th. Hartig ergeben also, dafs die Entwicklung der neuen Rinde auf einer Schälwunde auf Kosten der im Holzkörper vorhandenen Nahrungsstoffe geschieht und mit der Bildung eines Callusgewebes um die Markstrahlspitzen beginnt.

Welche Zellen den Anfang der Callusbildung hervorrufen, geht weder aus der Beschreibung noch aus den Zeichnungen hervor.

Diese Lücke füllt Trécul[1]) mit seinen eingehenden anatomischen Untersuchungen aus, die gleichzeitig die Beteiligung des gesamten, auf dem geschälten Holzstamm verbliebenen jungen Gewebes und nicht nur der Markstrahlen an der Callusbildung nachweisen. Allerdings können unter besonderen Verhältnissen die Markstrahlzellen die Callusbildung allein veranlassen; jedoch tritt ebensogut auch der Fall auf, dafs von den jungen Holzzellen allein die Callusbildung eingeleitet wird.

An der Callusbildung beteiligen sich die jungen Holzzellen, Markstrahlzellen und die engen Gefäfse durch Umwandlung in Parenchymzellen, die sich nun weiter vermehren[2]).

Die jüngsten auf dem Holzzylinder stehengebliebenen Zellen weiten sich aus; sie verlängern sich, und in ihrem Innern bilden sich Scheidewände; die Endzelle der jungen Calluszellreihen wird am gröfsten und weitesten, oft kugelrund, dann keulenförmig gestreckt, und in diesem Zustande entsteht gewöhnlich eine neue Querwand. Die jetzt durch

---

[1]) Trécul, Accroissement des végétaux dicotylédonés ligneux. Annales des scienc. nat. XIX, S. 165.

[2]) „Les fibres ligneuses, les rayons médullaires et les vaisseaux d'un petit diamètre eux-mêmes sont métamorphosés en tissu cellulaire proprement dit; car il y a une métamorphose réelle de ces organes élémentaires en tissu utriculaire ordinaire, et ensuite multiplication de ces utricules nouvelles.

die Querwand hergestellte neue Endzelle wiederholt diesen Prozeſs. Die darunterliegenden älteren Zellen strecken sich auch in die Länge und teilen sich.

Auſser dieser Art von Callusbildung beobachtete Trécul noch einen anderen Fall. Während bisher die äuſsersten der stehengebliebenen Zellen sich durch Ausweitung und Abschnürung zum Callusgewebe entwickelten, kommt es auch vor, daſs die äuſsersten Zellen nur eine geringe Entwicklung zeigen, und daſs die unter denselben liegenden innersten jugendlichen Holzzellen die Rolle der eigentlichen Callusbildner übernehmen. Trécul bildet (pl. 7, Fig. 11) einen Längsschnitt von *Ulmus* ab, dessen Callus am Rande aus kurzen, isodiametrischen Zellen besteht. Diese allmählich vertrocknende Schicht ist vom Holzkörper in die Höhe geschoben worden durch eine dicke Calluslage, deren ältere Zellen jetzt dem Holze anliegen, deren jüngste Zellen am weitesten vom alten Holze entfernt, unmittelbar unter der emporgehobenen, absterbenden Schicht liegen, sich lang radial gestreckt haben und bereits radial parallele Reihen bilden.

Beide Fälle der Callusbildung können gleichzeitig an demselben Exemplare vorkommen. Wahrscheinlich durch Vertrocknung der äuſseren Schichten des bloſsgelegten Cambialkörpers werden die innersten zur Vermehrung angeregt.

Wie sich aus meinen eigenen Versuchen ergibt, können die sämtlichen Zellen der cambialen Region, nicht allein die jungen Holzzellen, wie de Vries meint, sondern auch die jungen Rindenzellen an der Callusbildung teilnehmen. Es kommt lediglich darauf an, welche Zellschichten bei dem Abschälen der Rinde stehen bleiben. Löst sich die Rinde derart, daſs nur einige diesjährige Splintzellen, die noch vermehrungsfähig sind, an dem alten Holzkörper verbleiben, dann muſs von ihnen die Callusbildung ausgehen; wenn dagegen die allerjüngsten, cambialen Rindenzellen noch stehen bleiben, so übernehmen diese die Callusbildung, während der darunterliegende jugendliche Splint sich seiner Anlage gemäſs zu differenziertem Holz mit Gefäſsen ausbildet und nur darin sich verändert, daſs alle Elemente kürzer, radial weiter und dünnwandiger werden.

Das trefflichste Beispiel für diesen Fall gibt Trécul[1]) in seiner Fig. 5, pl. 3 von einer Linde. Wir verwenden diese (s. Fig. 186) zur Bestätigung unserer Ansicht. *B* bedeutet das junge, schon vor der Entrindung gebildete diesjährige Holz mit den Gefäſsen *v*. *A* und *A'* ist nach Trécul das alte Holz des vorigen Jahres[2]). Der Riſs, der die Rinde abhob, ist über dem höchststehenden Gefäſse *v* horizontal bis zu der mit *x'* bezeichneten Stelle verlaufen, hat sich von dort rechts abwärts gesenkt bis nahezu auf die dünnwandigen, letztgebildeten Zellen des Vorjahres, so daſs die ganze Gruppe *g* als Neubildung zu betrachten ist. Bei *x* hat die gelöste Rinde nur die äuſsersten Schichten des jüngsten Holzes weggenommen oder vielleicht gar nur die zentrale Cambialzone gefaſst, so daſs der sämtliche Splint stehen geblieben ist. Nun verlängern sich die äuſsersten Zellen schlauchförmig (*l*) und teilen

[1]) Trécul a. a. O. S. 167.

[2]) Es könnte auffallend erscheinen, daſs der Jahresring bei *A'* mit ganz dünnwandigem Frühlingsholze abschlieſst. Es kommen aber in der Tat solche Fälle vor. Ich erhielt aus der Eifel krebskranke Lärchen im Januar, deren Jahresring nach dem Herbstholze noch sechs Zellen starke Lagen von dünnwandigem Frühjahrsholz gebildet hatte.

sich, fortwachsend (l'), durch eine Scheidewand, worauf die abgeschnürte obere Zelle r jeder Reihe den Verlängerungsprozefs wiederholt.

Das junge Holz (Splint) hat sich durch die Verwundung, also durch die Aufhebung des Rindendruckes, radial gestreckt, ist kurzzelliger und weitlumig geworden, ist dünnwandig verblieben, und die bereits angelegten Gefäfse haben sich ausgebildet.

Nach x' hin ist mit der abgelösten Rinde auch der junge Splint fortgenommen worden, und auf dem Holze des vorigen Jahres sind nur wenige, junge Holzzellen dieses Jahres stehen geblieben; diese haben nun die Callusbildung übernommen und natürlich gefäfslosen Callus gebildet, der weitzelliger geworden und schneller ein gröfseres Volumen

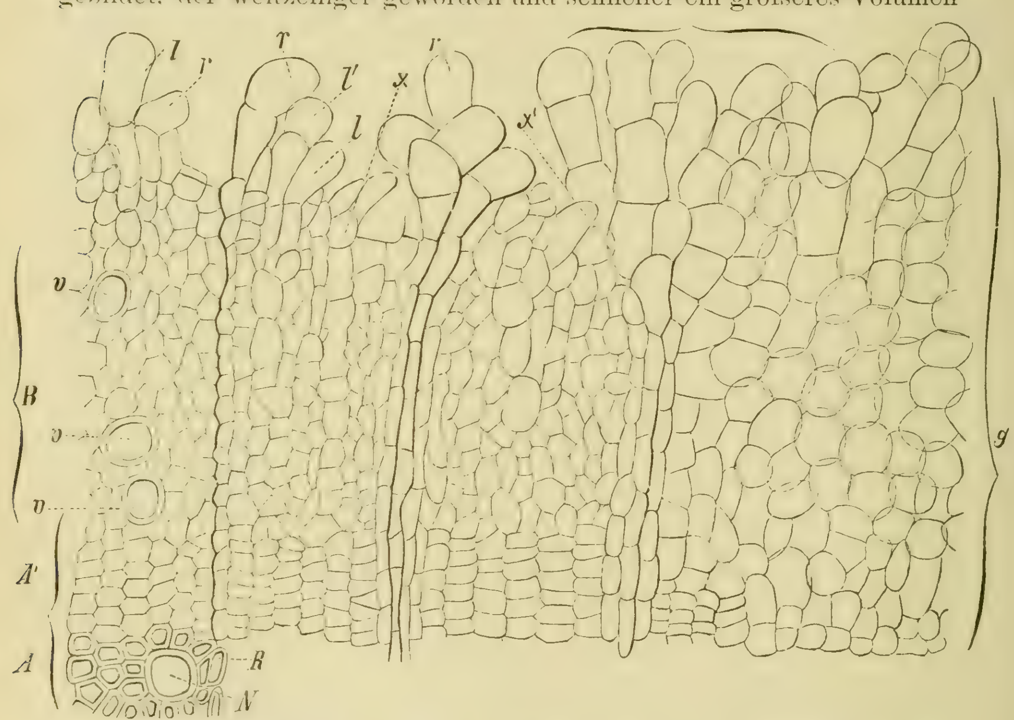


Fig. 186. Callusbildung aus jungen Rindenzellen bei einem geschälten Stamme. (Nach Trécul).

angenommen hat als die anliegende Partie, deren Dickenausdehnung er auf diese Weise erreicht hat[1]).

Betreffs der Lebensdauer geschälter Stämme gehen die Meinungen weit auseinander.

[1]) Wir geben zur Charakterisierung der Trécul'schen Auffassung dessen Figurenerklärung l. c. p. 191: *A*, *A'* bois de l'année précédente *V* vaisseaux de ce bois; *R* rayons médullaires — *B* jeune bois formé au printemps avant la décortication. Tous les éléments de ce jeune bois, et la partie la plus externe *A'* de celui de l'année précédente, ont subi un amincissement dans leur membrane. Les cellules externes des rayons médullaires *R* ont donné lieu à une multiplication utriculaire, quelquefois abondante, en *r*. La multiplication commence aussi en *l*, *l'* dans les éléments du tissu ligneux. En *g*, cette multiplication s'étend à toute la couche de l'année et même aux fibres ligneuses les plus externes *A'* de l'année précedente. Les vaisseaux qui existaient primitivement dans la couche de cette année, comme en *B*, *v*, sont disparu en *g*.

Das hervorragendste Beispiel ungewöhnlich langer Lebensdauer von Bäumen, die ihren Rindenkörper auf grofse Strecken hin verloren und nicht ersetzt hatten, und deren blofsliegender Holzkörper infolgedessen alljährlich immer tiefer der Zerstörung anheimfiel, liefert Trécul durch die Beschreibung der Linde von Fontainebleau[1]). Doch haben wir auch noch viel frühere Beobachtungen.

So teilte Parent im Jahre 1709 der Akademie folgende Beobachtung mit: Eine Rüster in den Tuileries, welche bei Beginn des Frühjahrs 1708 in ihrer ganzen Höhe der Rinde beraubt wurde, entwickelte trotzdem ihre Blätter, wenn auch etwas weniger kräftig, und behielt sie den ganzen Sommer über.

Duhamel[2]) spricht sich in dieser Beziehung dahin aus, dafs der Baum mit unbedeckt bleibender Schälwunde allmählich (zuweilen erst nach vier Jahren) zugrunde gehe.

Einen ähnlichen Fall wie Parent erzählt Richard in der Sitzung der Akademie vom 11. Mai 1852 als etwas ganz Aufsergewöhnliches, da in der gröfsten Zahl der Fälle die Bäume nach solchen Beschädigungen alsbald sterben.

Diesen letzteren Ausspruch bestreitet Gaudichaud (Compt. rend. vom 31. Mai 1852), indem er auf Bäume in St. Cloud, im Luxembourg und in Fontainebleau hinweist, welche nach solchen Verletzungen noch eine grofse Anzahl von Jahren gelebt haben, obgleich die Oberfläche des entblöfsten Stammes schon teilweise zerstört war.

Derselbe Botaniker kommt in der Sitzung der Akademie vom 7. März 1853 auf diesen Punkt zurück und führt nun die Linde von Fontainebleau an. Nach Trécul ist dieser Baum gegen das Jahr 1780 gepflanzt und 1810 sehr unregelmäfsig durch Erdkarren entrindet worden. Die entrindete Stelle war auf der Nordseite 32 cm lang und begann 57 cm oberhalb des Bodens; dagegen mafs sie auf der Südseite 4,05 m und begann gleich an der Bodenoberfläche. Die Entrindung war am ganzen Stammumfang eingetreten, und trotz dessen hatte der Baum noch 44 Jahre gelebt (er ist im Jahre 1854 gestorben); der Durchmesser oberhalb der Wundstelle betrug 20 cm, unterhalb derselben 18 cm. Die Oberfläche des entrindeten Holzkörpers, der in der Mitte der Wundstelle am meisten Substanz durch die Erdkarren verloren hatte und dort nur einen gröfseren Durchmesser von 10 cm und einen kleineren von 5½ cm besafs, war gänzlich wurmstichig und vertrocknet. Nach Entfernung des toten Holzmantels ergab sich die lebendig gebliebene zentrale Partie nur noch von 2½ cm Dicke; sie war sehr saftreich und machte den Eindruck jungen Holzes. Durch diesen schmalen Zylinder mufste fast die ganze Wurzelnahrung für den Gipfel des alten Baumes aufwärts wandern, und doch entwickelte sich derselbe im Jahre der Beobachtung, also am 29. März 1853, ganz ebenso früh, war ebenso reich mit Blättern und Blüten versehen wie die anderen Linden. Nur entlaubte sich der Baum, der übrigens an seiner Basis eine Anzahl 5—6 cm dicker, reich verzweigter und belaubter Schossen getrieben hatte, schon im August.

Diesen Schossen schreibt Trécul die Erhaltung des unterhalb der Entrindung belegenen basalen Stammteiles zu; sie bereiten ihm das

---

[1]) M. A. Trécul, L'influence des cortications annulaires sur la végétation des arbres dicotylédonés. Annales d. scienc. nat., IV. Serie, t. III, Botanique 1855, S. 341.

[2]) Physique des arbres II, p. 46.

plastische Material, das ein normaler Stamm durch den Rindenkörper aus der Baumkrone empfängt.

Einen analogen Vorgang bei einem Birnenaste, der nahe seiner Ursprungsstelle vollständig der Rinde und des Splintes beraubt worden war und dennoch mehrere Jahre fortgelebt hat, beschreibt LINDLEY [1]).

TH. HARTIG sah eine ringförmig geschälte Linde auch noch 9 Jahre nach der Operation leben und in ihrer Fruchtbarkeit sogar vermehrt [2]).

Hofgärtner REINECKEN in Greiz berichtet über einen 10 cm starken Ulmenpfröpfling, der mit seiner Unterlage seit 6 Jahren nicht durch die Rinde, sondern nur durch das Holz in Verbindung geblieben war. Garteninspektor ROTH in Muskau sah ferner eine 3/4 m starke Rotbuche von 25 Fufs Höhe, welche während ihrer 45jährigen Lebenszeit mit dem Mutterstamm niemals durch die Rinde (wie GÖPPERT angibt), sondern nur durch die Holzlagen in Verbindung gewesen ist und dennoch kräftig wuchs; sie wurde schliefslich durch den Wind abgebrochen. Im botanischen Garten zu Breslau blühte alljährlich eine 14 m hohe und 1/3 m dicke Linde, die in einer Länge von 1/3 m gänzlich und sorgfältig im Jahre 1870 entrindet worden und oberhalb der Schälstelle nur in den ersten zwei Jahren eine Überwallungsschicht von kaum 2 cm Länge getrieben hatte [3]).

Die Folgen des Schälens lassen sich im voraus nicht bestimmen. Die Lebensdauer der geschälten Stämme hängt wesentlich von der Baumart ab. Am leichtesten vertragen schnellwüchsige Laubhölzer derartige tiefgehende Verwundungen. Über das Verhalten der Nadelhölzer liegen genügende Erfahrungen noch nicht vor. HARTIG [4]) fand keine Neubildung von Rinde an der Schälstelle und sah das Aststück unterhalb der Schälstelle bis zum nächstunteren Aste in schönen „Speckkiehn" verwandelt; ebensowenig konnte STOLL [5]) diesen Heilungsprozefs wahrnehmen; er gibt jedoch an, dafs NÖRDLINGER eine Neubildung beobachtet, aber dabei die Meinung geäufsert habe, dafs die neugebildete Rinde nicht imstande sei, den absteigenden Saftstrom zu leiten.

Von Monocotyledonen gibt STOLL an, dafs er bei Dracaenen, die er im Gewächshause ihrer Rinde beraubt hatte, eine Vernarbung der Wundfläche gefunden habe.

Aufser von der Pflanzenspezies hängen die Folgeerscheinungen noch von der Zeit der Ausführung der Manipulation und der Leichtigkeit des Individuums ab, sich Hilfsorgane in Form von Adventivknospen und -wurzeln zu schaffen. Bei der Obstkultur kommt das Verfahren nur als extremstes Hilfsmittel zur Erzielung von Fruchtansatz bei Bäumen zur Anwendung, die sich in zu üppiger Holzbildung erschöpfen.

Eigene Beobachtungen.

Zur Nachprüfung der von den früheren Beobachtern geschilderten Vorgänge wurde eine gröfsere Anzahl kräftiger, etwa fünfjähriger Süfskirschstämme im Juli geschält. Der obere und untere Teil der Schälstelle wurde auf eine Länge von 2-4 cm mit dem Messer zur Ver-

[1]) Gardener's Chronicle vom 13. Nov. 1852, S. 726.
[2]) TH. HARTIG, Folgen der Ringelung an einer Linde. Bot. Zeit. 1863, S. 286.
[3]) GÖPPERT, Über das Saftsteigen in unseren Bäumen. 57. Jahresber. d. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur 1880, S. 293.
[4]) Folgen der Ringelung an Nadelholzästen. Bot. Zeit. 1863, S. 282.
[5]) Über Ringelung. Wiener Obst- und Gartenzeitung 1876, S. 167.

nichtung des Splintes abgekratzt, der übrige Teil der Schälblöfse aber unberührt gelassen (s. Fig. 187). Ein Teil der im freien Lande erwachsenen Versuchsbäumchen wurde aus seiner natürlichen vertikalen Stellung durch Bänder in eine zur Erdoberfläche geneigte Lage herabgezogen.

Die Neuberindung erfolgte nicht bei allen Exemplaren, bei einigen aber in vorzüglichem Mafse. Unter letzteren zeigten sich Stämmchen, die allseitig neue Rinde gebildet hatten mit Ausnahme der gänzlich abgetrockneten, abgekratzten Stellen in der Nähe des oberen und unteren Schnittrandes. Die neue Rinde stand also aufser jeglichem Zusammenhange mit der alten. Die Anfänge hatten sich allseitig zu gleicher Zeit gezeigt. Die Dicke der Neubildung war aber in dem unteren Teil der Schälblöfse mehr als doppelt so grofs wie am oberen Teil, ja, am unteren Rande war die neue Rinde stellenweise in kurzen, tropfenartig sich verdickenden Streifen auf die abgekratzte untere Isolierstelle gesunken. Bei einem geneigten Stämmchen hatte sich der Rindenfortsatz von der abgekratzten Stelle abgewendet und nach der Erde hin zu wachsen versucht, wie Fig. 187, *e'* zeigt.

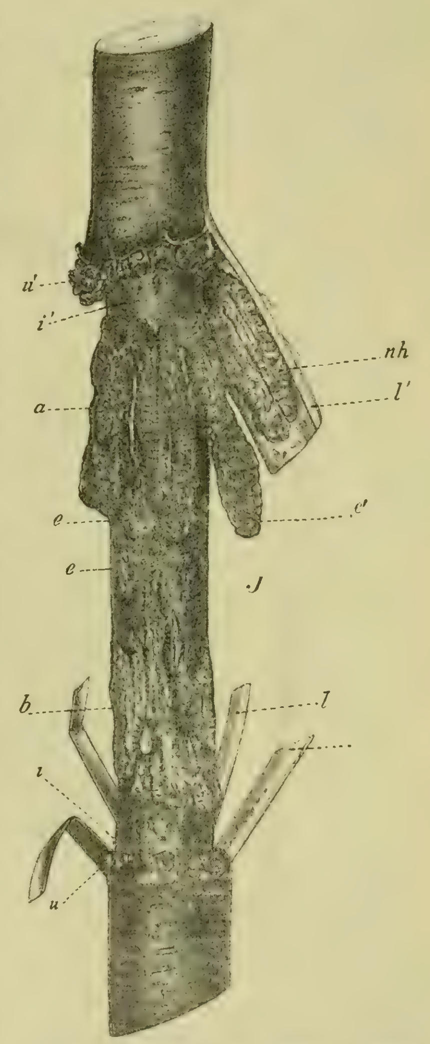


Fig. 187. Geschälter Stamm einer Süfskirsche, dessen Schälstelle am oberen und unteren Teile alles jugendlichen Gewebes beraubt worden ist. (Orig.)

In Fig. 187 ist *u* der untere, *u'* der obere Überwallungsrand der Schälblöfse. Dieser Überwallungsrand, der im Bau dem Ringelwulst der Weinrebe gleicht, ist hier nicht am ganzen Umfange ausgebildet worden, da ein Teil der Rinde in Lappen *l* und *l'* stehen gelassen worden ist. Auf diesen Lappen hat sich stellenweise auf kurze Entfernung von der Ansatzstelle her Neuholz mit Rinde (*nh*) gebildet. Die eigentliche Schälblöfse des Stammes ist dadurch von jeder Verbindung mit den Überwallungsrändern *uu'* abgeschnitten worden, dafs bei *i* und *i'* das junge Holz, wie bereits erwähnt, rings am Stammumfange abgekratzt und auf diese Weise ein Isolierstreifen hergestellt worden ist. Auf der von jeder Verbindung mit den Rinden- und Splintschichten abgeschnittenen Schälblöfse haben sich Neubildungen von Rindenelementen mit Holzanfängen eingestellt, welche keinen zusammenhängenden Mantel bilden, sondern aus einzelnen, inselartigen Gruppen bestehen. Bei anderen, vorsichtiger geschälten Stämmen ist die neue Rinde vollkommen gleichmäfsig über die Schälblöfse aus-

gebreitet. In der Mitte der Schälblöfse ist hier eine wellige Zone des blofsgelegten Holzkörpers ohne jede Neubildung geblieben. Die neue Produktion *b* hängt also mit der oberen *a* gar nicht zusammen; die obere *a* ist bedeutend dicker. Beiden gemeinsam und bei allen ähnlichen Neubildungen auf anderen Stämmen ebenso deutlich erkennbar ist die von oben nach unten zunehmende Dicke bei jedem einzelnen Gewebestreifen, der in seinem Ansehen durchaus die Erscheinung nachahmt, welche die herabrinnenden Massen einer schlecht brennenden Kerze darstellen. In der Tat ergiefst sich das untere, im Bau dem Ringelwulst gleichende Ende der Neubildung tropfenförmig über die nackt gebliebenen Stellen des Holzkörpers *ee*; ja, an den absichtlich

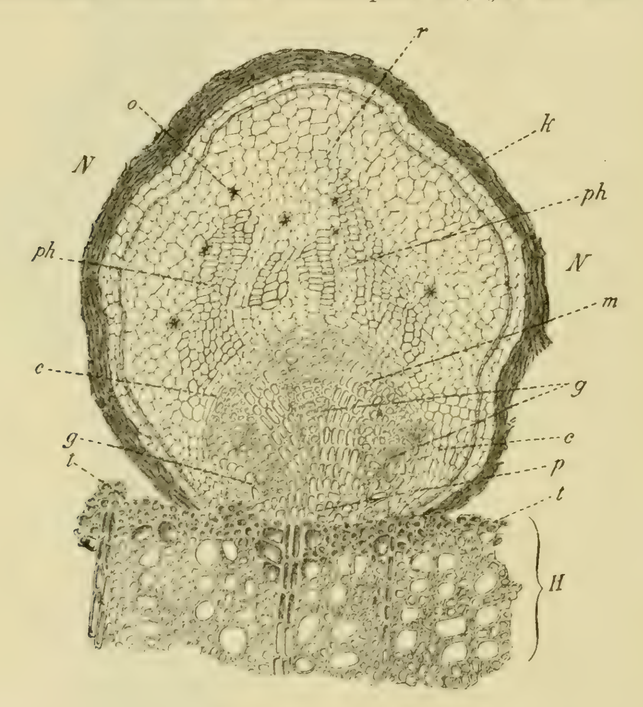


Fig. 188. Querschnitt durch eine neu entstandene Gewebeschwiele auf dem blofsgelegten Holzkörper eines geschälten Süfskirschenstammes. (Orig.)

schräg gehaltenen Stämmen löst sich die Neubildung, wie bei einer schräg gehaltenen, brennenden Kerze das Paraffin, von der Achse los und wächst, der Schwerkraft folgend, als isolierter Zopf senkrecht abwärts (*e'*).

Um nun zu zeigen, dafs die einzelnen kleinen Inseln, wie solche von Meyen, Th. Hartig u. a. beobachtet worden sind, nicht etwa allein Markstrahlproduktionen sind, ist eine solche inselartige Neubildung in Fig. 188 im Querschnitt, in Fig. 189 im Längsschnitt dargestellt worden. Fig. 188, *H* zeigt das alte Holz, dessen Schälfläche *t*—*t* zum Teil abgestorben ist; nur der mittlere Teil hat sich zu einer neuen Produktion *N*—*N* angeschickt.

Die Produktion begann unter Abhebung der äufsersten Zellenlage durch die schnell entstehenden Teilprodukte der nächstinneren Splint-

schicht, und zwar sowohl der jungen Holzzellen samt den Gefäfsen als auch der Markstrahlzellen.

Nach baldiger Umgrenzung der verhältnismäfsig spärlichen Neubildung aus parenchymatischem Gewebe (*r* bis *p*) durch die dicker werdende Korkzone *k* erscheint sehr früh, und zwar erst strangweise, dann zusammenhängend eine innere Meristemzone, das neue Cambium (*c* bis *c*), das nun das sekundäre Wachstum des neuen Rindenkörpers übernimmt.

Dadurch unterscheiden sich auch sehr wesentlich die beiden Wachstumsvorgänge, die bei der Neuberindung von Schälstellen eintreten können. Wenn, wie dies bei umschlossenen, feucht gehaltenen

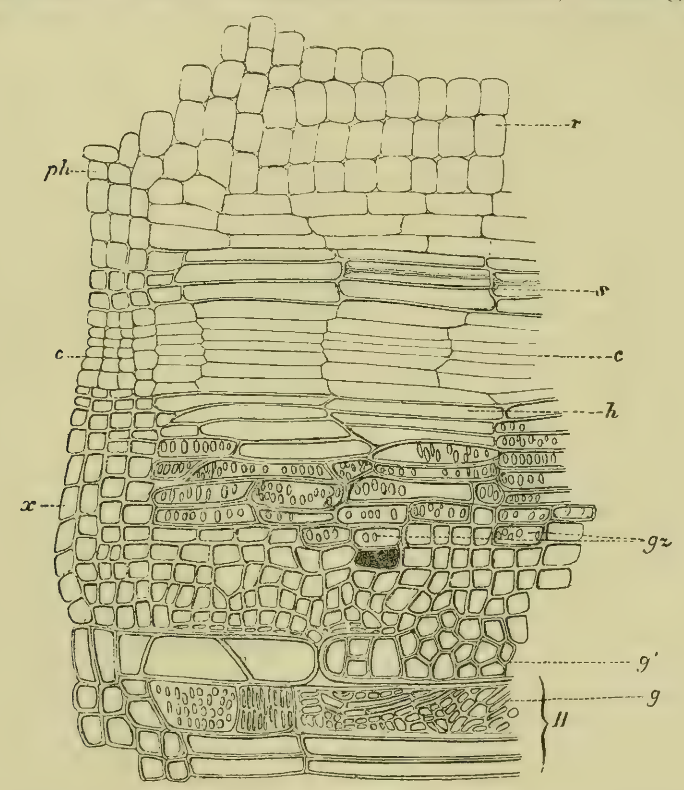


Fig. 189. Längsschnitt durch die Basalpartie von Fig. 188, etwa in der von *g* bis *p* befindlichen Zone. (Orig.)

Wunden der Fall ist, die neue Rinde mit mächtiger Callusproduktion unter lange anhaltender Teilung der peripherischen Zellen beginnt, wie sie Fig. 186 zeigt, tritt die Bildung der äufseren Korkzone und namentlich die Entstehung der inneren Meristemzone sehr spät ein. Im Gegenteil hiervon zeigen, wie im vorliegenden Falle, die der heifsen Sommersonne s c h u t z l o s a u s g e s e t z t e n W u n d s t e l l e n den zweiten Vorgang, indem die äufsersten der stehengebliebenen Zellen ihre Aufsenmembranen schnell verdicken, wobei sie zusammensinken und auf diese Weise den nächstinneren Schichten den nötigen Schutz vor Austrocknung gewähren; hier findet nur geringe Parenchymbildung und sehr baldiges Auftreten der Cambiumzone statt. Es scheint somit, dafs

die innere Meristemzone sich in einem Callus um so schneller ausbildet, je schneller sich durch Verkorkung ein genügender Rindendruck herstellt.

Die nächste Produktion der neuen Cambiumherde Fig. 188, *c—c* besteht in der Anlage isolierter, neuer Gefäfsbündelstränge, die, mit einzelnen kurzen Gefäfszellen (*g*) beginnend, mit zunehmendem Alter die Zahl und Gröfse ihrer Elemente schnell vermehren und so eine keilförmige Gestalt erlangen, welche die anfänglich ungemein breiten Markstrahlregionen (*m*) immer mehr verengen, bis Bau und Lagerung der Elemente das normale Stadium des ungeschälten Stammes erreicht haben. Zu jedem Xylemteil gehört ein Phloëmteil (*ph*), in dessen Nähe zahlreiche Zellen mit oxalsaurem Kalk (*o*) erscheinen.

Wir sehen, dafs das Auftreten der Gefäfsbündel in dem parenchymatischen Grundgewebe dasselbe wie in dem Ringelwulst ist. So ist es überall, wo eine parenchymatische Grundmasse von gröfserer Ausdehnung gebildet wird. Durch Querfächerung einer Anzahl zunächst in der Form von der Grundmasse nicht verschiedener oder wenig radial und longitudinal gestreckter Zellen bilden sich Meristemherde, von denen aus die Anlage dickwandiger Gewebeelemente erfolgt. Bei von Anfang an sehr üppiger, callöser Zellvermehrung können im Innern der älter werdenden Gewebemassen gleichzeitig zwei parallele Zonen von Meristemsträngen entstehen, die zwei isoliert fortwachsende Holzkörper erzeugen, welche erst bei gröfserer Dicke miteinander verschmelzen. Die Bildung isolierter Gefäfsbündel in der Rinde unserer Bäume ist keine aufserordentliche Seltenheit, wie bei den Knollenmasern gezeigt werden soll.

Die ersten Vorgänge im Splint des geschälten Kirschbaumes erkennen wir in Fig. 189, die einen Längsschnitt aus der Basis der Randpartie von Fig. 188 darstellt. *H* ist das alte, durch den Schnitt nicht mehr alterierte Holz mit längsmaschigen Netzgefäfsen (*g*). In der nach aufsen folgenden Splintschicht hat der Schnitt schon derartig auf das in der Ausbildung weit vorgeschrittene Gefäfs *g'* gewirkt, dafs der Innenraum desselben sich mit Thyllen füllte und diese zu neuer Zellbildung verwendet und zu parenchymatischem Holze umgewandelt wurden. Die neue Lage von Parenchymholz besteht nur aus wenigen Zellen und zeigt alsbald die ersten Anfänge dickwandigerer Elemente in Gestalt kurzer, poröser Gefäfszellen *gz* als erste Produktion der neu gebildeten Cambiumschicht *c—c*. Jede folgende spätere, aus dem Cambium hervorgegangene Gewebeschicht zeigt schon längere Gefäfse; bei *h* finden wir bereits dünnwandige, zwar noch verkürzte, aber den normalen Holzzellen unverkennbar ähnliche Elemente, denen entsprechend bei *s* die Weichbastelemente in der Rinde *r* auftreten; *x* ist Xylemstrahl, *ph* Phloëmstrahl.

Während im ersten Frühjahr, in welchem sich die Rinde leicht löst, in der Regel am ganzen Stammumfange durch das Abschälen die gleichnamigen Zellen zerrissen werden und somit eine etwaige Wiederberindung, von gleichartigen Elementen ausgehend, auch gleichartig wird, sehen wir zur Zeit der Blattentwicklung bis zum Juni hinein die Schälwunden immer unregelmäfsiger werden. Es bleiben an einer Stelle des Holzzylinders mehr Zellgruppen stehen, wie auf einer anderen, und demgemäfs sind die Neubildungen verschieden. Es kommt dann vor, dafs gefäfsführende Stücke des diesjährigen Splintes durch ein darunter entstandenes, callöses Gewebe in die Höhe getrieben werden.

Wenn man die Schälwunden ganz unbedeckt läfst, wird der Eintritt einer Neuberindung in manchen Fällen zweifelhafter; sie gelingt nach meinen Erfahrungen besser im Juli und, bei manchen Bäumen, im August wie im April, Mai und Juni. Ahorn und Erle müssen früher geschält werden; zahlreiche Versuche mit diesen Bäumen im August waren sämtlich ohne Erfolg.

Untersucht man eine Schälwunde, welche in der heifsen Mittagstunde bei intensiver Sonnenbeleuchtung gemacht und ohne jeden Schutz gelassen worden ist, nach einigen Stunden (zum Versuche wurden Süfskirschen benutzt), so findet man zunächst die Farbe des ursprüglich weifsen Holzzylinders in Gelb übergegangen. Diese Färbung verdankt die Wundfläche vorzugsweise den Markstrahlzellen, deren Wandung sich gebräunt hat.

Die Bräunung ist auf der Südwestseite intensiver als an der Nordostseite.

Die Markstrahlen kennzeichnen sich leicht dadurch, dafs sie sofort nach Entfernung der Rinde über die Schälfläche etwas hervorgewölbt erscheinen.

Dieser Umstand deutet darauf hin, dafs die Markstrahlzellen in derselben radialen Entfernung von der Mittellinie des Stammes schon fester in ihren Wandungen geworden als die jungen Holzzellen, also in der Entwicklung fortgeschrittener als die gleichalterigen Zellen des Gefäfsbündels sind.

Ein solches Vorauseilen der Markstrahlen *wird sie zum Schwellgewebe stempeln, welches dem neu entstehenden Holzgewebe in der Richtung des Stammradius Raum schafft.*

Zum Teil kommt dieses Hervortreten der Markstrahlgruppen auch durch das in der Regel nach der Schälmanipulation erfolgende schnellere Hervorwölben ihrer äufseren Wandung zustande, die (schutzlos) sich sehr schnell verdickt und bräunt.

In den Markstrahl- und jugendlichen Holzzellen, die unmittelbar unter der Wundfläche liegen, vermehrt sich der Zellinhalt; es treten Plasmamassen und später Stärke auf; erstere ballen sich bei Glyzerinzusatz zu einzelnen, gelben Kugeln. Unter der äufsersten Zellschicht, welche alsbald zusammensinkt und nun einen schützenden Mantel für das darunterliegende junge Gewebe darstellt, beginnt die Neubildung von Zellen durch Auftreten von Querwandungen. In den Markstrahlzellen, welche auch hierbei in der Regel vorauseilen, wird durch die Neubildung häufig der Markstrahl verbreitert, indem seine seitlichen Zellen sich fächerartig über die angrenzenden Holzzellen auszubreiten suchen.

Es ist bereits gesagt worden, dafs aber manchmal auch die Markstrahlzellen ganz oder teilweise in der Entwicklung zurückbleiben können; dann legen sich die parenchymatischen, hier nie rundlichen, sondern stets polygonalen Calluszellen, welche aus den jugendlichen Holzfasern hervorgegangen sind, über die Markstrahlgruppen hinüber. In der Regel aber beteiligt sich das gesamte Gewebe gleichmäfsig an der Bildung einer schmalen Calluslage, welche die äufsersten vertrocknenden und dadurch eine Schutzschicht darstellenden Zellen vom alten Holze abhebt.

Während bei den in feuchter Luft unter schützendem Verschlufs gehaltenen Schälstellen die Callusbildung durch wucherndes Spitzenwachstum der einzelnen Zellreihen eine sehr bedeutende ist, erreicht

sie hier bei den ungeschützten Schälstellen nur geringe Dimensionen. Unter der vertrockneten äufseren Zellschicht tritt alsbald Korkbildung auf, welche nun einen schnürenden, fest schützenden Gürtel für das darunterliegende junge ergrünende Gewebe darstellt.

Bei der Neuberindung einer Schälstelle kommt auch noch ein dritter Fall vor. Wenn nämlich die Schälwunde in der Weise hergestellt worden ist, dafs junge Rindenzellen die äufsersten Lagen des blofsgelegten Holzkörpers darstellen, dann leiten diese zunächst die Callusbildung ein, und die eigentliche Cambiumschicht er leidet nur geringe Störungen.

Der Übergang des Callus in das normale Gewebes findet im allgemeinen in der Weise statt, dafs nach Beginn der Korkzellenbildung am Umfange des Callus zunächst tiefer im Innern desselben vereinzelte, kurzzellige Gefäfsstränge auftreten. Etwa in derselben radialen Richtung, aber mehr in der Nähe der Randzone, findet man um diese Zeit kurze, dickwandige, schwach poröse, unregelmäfsig gestaltete oder auch polygonale Zellen, welche die ersten Spuren einer Bastbildung andeuten. Bei manchen Bäumen finden sich vereinzelt oder bald zu Gruppen vereinigt die ersten Bastelemente in Form von Steinzellennestern. In einer Zone zwischen den Bast- und den Gefäfselementen findet man Zellen mit trüberem, dichterem Inhalt. In diesen treten eine Menge parallelwandiger, in der Richtung der Längsachse des Stammes etwas gestreckter Zellen auf, welche die erste Anlage des neu sich bildenden Cambiums sein dürften. Von diesem Cambium aus entstehen allmählich die langgestreckten Elemente, die sich endlich zu normalen Holz- und Hartbastzellen ausbilden. Nur lange, enge Spiralgefäfse scheinen nicht mehr angelegt zu werden.

Mit der Ausbildung dieser spätest erscheinenden normalen Hartbastzellen dürfte sich die neue Rinde auch in ihrer Funktion der unversehrt gebliebenen angeschlossen haben.

Das Biegen der Zweige.

Als ein spezielles Hilfsmittel der Obstkultur kommt das Biegen der Zweige vielfach zur Anwendung. Die Erfahrung zeigt nämlich, dafs Triebe, welche senkrecht in die Höhe wachsen, am schnellsten und kräftigsten sich entwickeln und dafs ihr Längenwachstum um so mehr verlangsamt wird, je mehr der Zweig von der Vertikalen nach der Horizontalen hin geneigt wird. Dieselbe Verlangsamung des Spitzenwachstums zeigt sich aber auch, wenn Zweige aus natürlich gegebener Horizontallage mehr zur Senkrechten hin künstlich gebogen werden, woraus zu erkennen ist, dafs die Biegung an sich den hemmenden Einflufs ausübt.

Eine äufserlich wahrnehmbare Wunde entsteht bei vorsichtiger Ausführung der Manipulation nicht; man gewahrt nur an der Oberseite eine etwas gröfsere Straffheit, an der Unterseite eine Faltung der Rinde.

Durch das Biegen wird die Ausbildung der Augen beeinflufst, indem die unterhalb der Biegungsstelle stehenden Knospen stärker anschwellen und nicht selten vorzeitig austreiben. Der Erfolg hängt davon ab, wann und in welcher Höhe ein Zweig gebogen wird. Je näher sich die Biegungsstelle der Zweigspitze befindet, desto geringer die innere Verwundung, desto geringer aber auch der gewünschte Erfolg. Es werden sich dann die unterhalb der Biegung befindlichen

Augen zu schlanken Laubtrieben entfalten, während bei einer Krümmung des Zweiges an seiner Basis die zur Streckung angeregten Augen nur Triebe von geringer Länge entwickeln werden; letztere aber zeigen dann Neigung, sich zu Fruchtholz umzuwandeln.

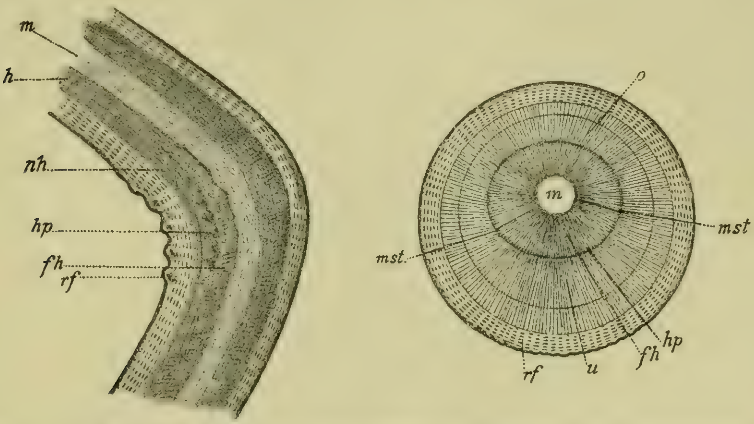


Fig. 190 u. 191. Künstlich gebogener Apfelzweig im Längs- und Querschnitt. (Orig.)

Wir sprachen oben von einer inneren Verletzung der Achse auch bei sorgfältiger Biegung. Diese lernen wir am besten an einem bestimmten Beispiel kennen, wie es in den Fig. 190—194 von einem Apfelzweige vorgeführt wird.



Fig. 192. Rindenfalte von der Unterseite der Biegungsstelle. (Orig.)

Die Faltung der Rinde ist auf Fig. 190, *rf* und Fig. 191, *rf* angedeutet. Man findet zunächst schon bei der Betrachtung mit bloſsem Auge im Längsschnitt (Fig. 190, *h*) und im Querschnitt (Fig. 191, *u*) eine Holzanschwellung auf der Unterseite unterhalb einer mattbräunlichen, an der Biegungsstelle verbreiterten Zone (Fig. 190 und 191, *hp*). Der Rinden-

körper zeigt aufser der Faltung keine so wahrnehmbare, gleichmäfsig zunehmende Verdickung.

Das Dickenverhältnis der Unterseite zur Oberseite der Rinde ist bei dem hier gezeichneten Apfelzweige wie 50 : 42, während die Unterseite des Holzkörpers sich zur Oberseite verhält wie 2 : 1. Der Markkörper (*m*) erscheint im Längsschnitt, besonders in der unteren Hälfte,

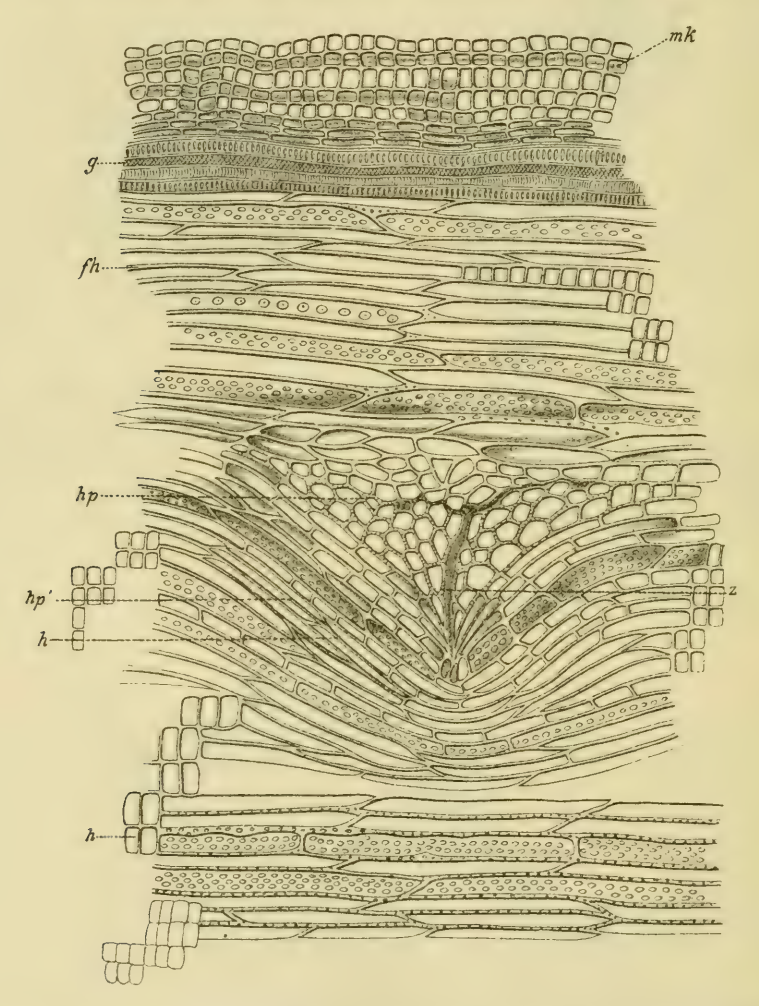


Fig. 193. Längsschnitt durch den Holzkörper innerhalb der Biegung. (Orig.)

schwach bräunlich gestreift. Unter dem Mikroskop erweisen sich viele der oft in wellige Reihen geordneten Zellen des Markes und der Markkrone mit bräunlichem Inhalte und gebräunten Wandungen, welche bei einzelnen Zellen, die der Markunterseite angehören, hier und da eingeknickt sind und an diesen Knickstellen durch neu entstandene Intercellularräume voneinander getrennt sind (Fig. 194). Dieselbe Lockerung zeigen diese Zellen auch im Querschnitt.

Die Störungen der Rinde lassen sich am leichtesten in den vorspringenden Falten der Unterseite (Fig. 190 und 191, *rf*) erkennen. In solchen, durch das Biegen vom Holzkörper abgeplatzten Falten zeigen die Bastbündel (Fig. 192, *hb*) in der Regel eine starke Krümmung nach aufsen, entsprechend den peripherischen, durch das Quetschen der Epidermiszellen in bedeutender Dicke entstandenen Korklagen (*k*) samt dem Rindenparenchym (*r*), das durch zahlreiche Lücken (*l*) in unregelmäfsige Partien auseinander gerückt ist. In diesen Lücken finden sich einige Zeit nach der Biegung einzelne Brücken radial gestreckter Zellreihen, die durch Verlängerung der noch streckungsfähigen Zellen der jungen Innenrinde entstanden sind.

Die Biegung ist am vorliegenden Apfelzweige zu Anfang des Sommers, wie dies in der Praxis geschieht, ausgeführt worden. Die Rinde hat sich an den oben beschriebenen Falten in der Cambialregion vom Holzkörper abgehoben. Die Befreiung des Holzkörpers an diesen Stellen vom Rindendruck hat die Bildung eines reichlichen, stärkeerfüllten Parenchymholzes zur Folge gehabt, wie der Längsschnitt durch den Holzkörper (Fig. 193, *hp*) zeigt. Nach Ausfüllung der Lücke und Herstellung des Rindendruckes ist das Parenchymholz allmählich wieder in normales Holz (Fig. 193, *hh'*) übergegangen.

Die Ausfüllung der Lücke erfolgte hier nach Verschmelzung der beiden aufeinander zu wachsenden Parenchympartien, die sich in der Mittelzone (*z*) vereinigt haben. Diese gelb gefärbte Zone löst sich bei starker Vergröfserung in einem Streifen stark zusammengeprefster Zellen auf. In anderen Fällen entsteht die Ausfüllung der Lücke auch durch parenchymatische Neubildungen sowohl von der abgehobenen Rindenzone als auch — wie bei Schälwunden — von dem stehengebliebenen jungen Splintgewebe aus. In allen Fällen beginnen nach der Ausfüllung zunächst Gefäfse im Parenchymholz aufzutreten, die allmählich ihre normale Länge und Ausbildung erhalten, von anfangs kürzeren, dünnwandigeren, später normal langen und dickwandigeren Holzzellen begleitet werden und so die normale Holzbildung einleiten.

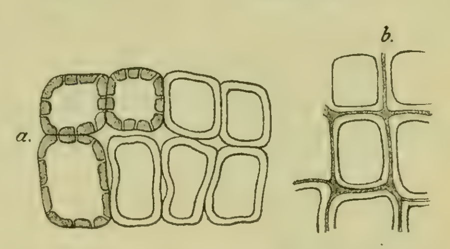


Fig. 194. *a* Markzellen, welche durch die Biegung gelockert, *b* solche, die unversehrt geblieben sind. (Orig.)

Nach der Schliefsung dieser Biegungswunden ist der Einflufs der Biegung aber immer noch weiter durch eine auf der Unterseite stärker als auf der Oberseite stattfindende Holzproduktion bemerkbar. Das neugebildete Holz (Fig. 193, *h*) folgt auf der Unterseite in seiner Lagerung der Wellenform, welche durch den Parenchymholzkegel *hp* bedingt wird. Gegenüber den sparsameren, gleichzeitig entstandenen Elementen der Oberseite der Biegungsstelle sind anfangs die Prosenchymzellen auf der Unterseite kürzer und stumpf mit breiten Wandungen aufeinander stehend. Ferner finden sich auf der Unterseite zunächst reichlicher gefächerte, mit Stärke erfüllte Holzzellen und Parenchymholzreihen (*hp'*) zwischen den derbwandigen, prosenchymatischen Elementen.

In der Zeichnung sind des beschränkten Raumes wegen gröfsere Gewebepartien weggelassen worden: es fehlt ein Teil des vor der Biegung

gebildeten, normalen Holzkörpers sowie ein Teil des nach der Bildung des Parenchymholzes entstandenen, die Biegung ausgleichenden Übergangsgewebes. In Fig. 193 bedeutet *fh* das diesjährige Frühlingsholz, *g* die den Markkörper *mk* begrenzenden Spiralgefäfse. Fig. 194 sind *a* die Markzellen, die durch die Biegung gelockert, *b* solche, die unversehrt geblieben sind und aus der oberen Hälfte des Markkörpers stammen.

Wenn man den gekrümmten Zweig von der Biegungsstelle aus aufwärts und abwärts untersucht, so findet man, dafs im vorliegenden Falle der Einflufs der Krümmung sich durchschnittlich auf etwa 6 bis 8 cm Länge erstreckt.

Die Messungen des zur Zeichnung gewählten Zweiges ergaben folgendes:

Die Dicke des Zweiges betrug 4,65 mm unterhalb der Biegungsstelle, 5,50 mm innerhalb und 5,06 mm oberhalb der Biegungsstelle. Die Rinde zeigte nach der Spitze hin eine bedeutende Dickenzunahme.

Die Dicke des Holzkörpers vor der Manipulation betrug

unterhalb der Biegungsstelle	oberseits	62,0 %	des zur Zeit der Messung vorgefundenen, durch Nachwuchs verstärkten Holzzylinders.
	unterseits	61,9 %	
innerhalb " "	oberseits	50,6 %	
	unterseits	35,2 %	
oberhalb " "	oberseits	67,4 %	
	unterseits	51,4 %	

Der Zuwachs von der Zeit der Biegung bis zur Zeit der Untersuchung betrug

		an Herbstholz	an Frühlingsholz
unterhalb der Biegungsstelle	oberseits	31,0 %	8,0 %
	unterseits	31,9 %	6,1 %
innerhalb " "	oberseits	39,0 %	10,4 %
	unterseits	51,8 %	13,4 %
oberhalb " "	oberseits	28,1 %	5,9 %
	unterseits	27,2 %	21,9 %

Also der Holzzuwachs ist trotz der grofsen Spannung, die durch das Biegen des Zweiges an der konvexen Seite innerhalb der Biegungsstelle herrschen dürfte [1]), doch auch an der Oberseite verhältnismäfsig höher als ober- und unterhalb der gebogenen Stelle. Die Gewebelockerung, welche sich an der Biegungsstelle geltend macht, ist auf der Oberseite nicht mehr weit hinauf kenntlich; dagegen läfst sich dieselbe auf der Unterseite noch bis auf 6 cm nach der Spitze hin verfolgen.

Die Holzzellen sind innerhalb der Biegungsstelle am weitesten; oberhalb derselben sind sie noch weiter als unterhalb. Auf der Zweigunterseite erschienen sie hier weiter als auf der Zweigoberseite.

Je nach der Gröfse des Bogens, den der Zweig bei der Krümmung beschreibt, sowie je nach der Zeit der Ausführung der Biegung und nach der Spezies, ja selbst je nach der Individualität des Zweiges sind die anatomischen Veränderungen quantitativ wechselnd.

[1]) Über das Zustandekommen der Druckspannung vgl. Ursprung, H., Beitrag zur Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums an Krautpflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1906, Heft 9, S. 499. Ferner: Bücher, H., Anatomische Veränderungen bei gewaltsamer Krümmung und geotropischer Induktion. Jahrb. f. wiss. Bot. 1906, Bd. 43, S. 271.

Man hat also in dem Biegen der Zweige ein einfaches Mittel, den Längstrieb zu mäfsigen und die Wasserzufuhr auf Augen zu lenken, welche ihrer Lage und Anlage nach wenig zur Weiterentwicklung befähigt sind.

Weit energischer und nachhaltiger als das Biegen wirkt in derselben Richtung

das Drehen der Zweige.

Ein weiteres Kulturhilfsmittel der Obstzüchter behufs Änderung des Wachstums der Zweige stellt das Drehen derselben dar. Während der Vegetationszeit wird nämlich ein zu üppig wachsender Zweig in einer schon verholzten, kurzen Region zuerst durch halbseitiges Drehen der Gewebe um ihre Längsachse in diesen Partien gelockert, meist dabei auch schon gequetscht und der Länge nach gespalten und dann an dieser gelockerten Stelle mit seiner Spitze schleifenartig nach unten gebogen, so dafs die Spitze des Zweiges in einer nach der Basis gerichteten Lage verbleibt. An der Drehungsstelle gelangt dadurch die Unterseite des Zweiges nach oben, die frühere Oberseite bildet die Innenseite der scharfen Biegung, in welcher der Holzkörper bis zum Mark einbricht.

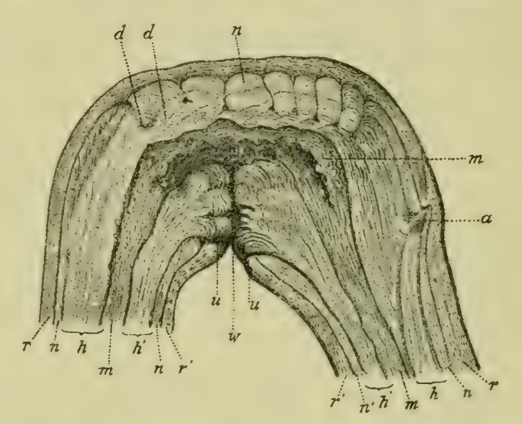


Fig. 195. Ein mit seiner Spitze abwärts gebogener und an der Biegungsstelle um seine Längsachse gedrehter Zweig nach Verwachsung der inneren Verwundungen. (Orig.)

Ein möglichst übersichtliches Bild der durch die Drehung entstandenen Veränderungen liefert der Längsschnitt durch die knotige, verwachsene, ein Jahr alte Drehungsstelle Fig. 195. Darin ist *m* der Markkörper, der durch den beim Drehen erfolgten Bruch des Holzes mit gestört worden ist. *h* ist das Holz der jetzigen Oberseite, an dem bei *a* ein Auge sitzt. Durch die Umdrehung der Unterseite zur jetzigen Oberseite ist der Holzkörper vielfach längsspaltig geworden, und die durch die Risse entstandenen Lamellen sind in spiralige Drehung gekommen, was durch *dd* angedeutet werden soll. Die Risse werden zunächst durch Parenchym ausgefüllt, und die allmählich sich wieder schliefsende Cambiumzone lagert wellige Neuholzschichten (*n*) über die Wunden unterhalb der aufserordentlich gespannten, nicht selten durch spiralige Längsrisse hier und da geklüfteten Rinde (*r*).

Die nach der Drehung zur Unterseite gewordene organische Oberseite zeigt noch gröfsere Störungen. Der in *w* zerbrochene, vom Mark teilweis abgespaltene Holzkörper (*h'*) hat sich durch sehr unregelmäfsig bogig gelagerte Partien von Parenchymholz zu einem grofsen Knoten *u* geschlossen, der bei fortgesetztem Wachstum durch die Neuholzbildungen (*n'*) stetig an Umfang zunimmt.

Dafs durch eine derartige Gewebeverletzung die Spitzenernährung des Zweiges gestört werden mufs, und dafs das als Stärke sichtbare Reservematerial in den parenchymatischen Überwallungspartien der

Wundränder den nächstliegenden Augen zum Vorteil gereichen mufs, ist leicht einzusehen. Dafs neben dieser stärkeren Ernährung auch die unmittelbar unter der Drehungsstelle befindlichen Augen von dem vermehrten Wasserdrucke profitieren werden, geht aus dem früher Gesagten ebenfalls zur Genüge hervor.

Die Manipulation des Drehens ist, wie bemerkt, ein energischeres Mittel zur Lähmung des Spitzenwachstums eines Zweiges zu gunsten der Stärkung basaler Augen, ohne aber dabei das unter der Verwundung liegende, höchste Seitenauge zum sofortigen starken Austreiben zu veranlassen. Nur wenn durch die Drehung die Verletzung der Gewebe so stark ausgefallen ist, dafs die Triebspitze auch das notwendigste, durch Verdunstung entweichende Wasser nicht mehr erhalten kann und schnell vertrocknet, namentlich wenn die Manipulation zu früh im Jahre ausgeführt wird, wächst das zunächst unter der Drehungsstelle befindliche Seitenauge zu einem neuen, kräftigen Laubtriebe aus. Dieser Erfolg wird natürlich vom Obstzüchter nicht beabsichtigt. Eine zu spät im Jahre ausgeführte Drehung würde zwar nicht mehr die genügende Wirkung hervorbringen, basale Augen zu Fruchtaugen vorzubereiten, aber doch das Längenwachstum des Zweiges hemmen und das Holz mehr zur Reife bringen, so dafs es dem Winter besser widersteht.

Bei der Senkervermehrung der Quitten dreht man auch gern einmal den abzusenkenden Zweig um seine Längsachse an der Stelle, an welcher er in der Erde Wurzeln bilden soll. Die Art der Störung ist ähnlich wie bei dem vorerwähnten Falle; der Erfolg insofern ein anderer, als das gehemmte, absteigende, plastische Material vorzugsweise zur Bildung von Adventivwurzeln verwendet wird.

Die deutschen Weinbauer in der Umgegend von Tiflis sollen die Stiele der reifen Weintrauben drehen und dadurch einen besseren Wein erzielen. Die durch diese Manipulation eingeleiteten Vorgänge werden folgendermafsen ineinander greifen. Durch das Drehen des Stiels wird die Wasserzufuhr aus der Rebe in die Traube gemäfsigt; infolgedessen erlangt die Verdunstung ein gröfseres Übergewicht über die Zufuhr, und der Saft der Beeren wird concentrierter. Was an Stärke etwa noch in den Stielen ist, wird als Zucker nach den Beeren geschickt. Dieselben veratmen dabei auch einen Teil der organischen Säuren. Dieselben Prozesse finden bei dem Nachreifen der abgeschnittenen Trauben statt.

Wirkung des Einschnürens der Achse.

Das „Einschnüren“ besteht in dem dichten Umlegen eines nicht nachlassenden Bandes (aus Bindfaden, Draht u. dgl.) um einen Stamm oder Zweig. Die Folgen dieser Manipulation ergeben sich aus der einfachen Betrachtung, dafs dieses Einschnüren einer Achse nichts anderes ist, als eine lokale, künstliche Vermehrung des Rindendruckes. Nur findet hier alsbald der extremste Fall von Rindendruck statt, indem die Neubildungen unter der geschnürten Stelle allmählich bis auf ein Minimum reduziert werden und endlich gänzlich aufhören. Die Holzelemente in der Nähe des schnürenden Bandes kommen dabei aus ihrem senkrechten Verlaufe und nehmen eine schiefe, ja selbst bis zur horizontalen sich steigernde Lagerung an, so dafs ich glaube, dafs auch im normalen Baume die mehr oder weniger spiralige

Drehung der Holzfasern bei den verschiedenen Bäumen mit dem gröſseren oder geringeren Druck zusammenhängt, den die Rinde ausübt.

Endlich wird die Verdickung des Baumes oberhalb der geschnürten Stelle so groſs, daſs die Rinde oberhalb und später auch unterhalb des Bandes reiſst, also nun der Rindendruck fast gänzlich aufgehoben wird. Die Folge davon ist eine üppige Bildung von Parenchymholz, das mit dem Älterwerden des Pflanzenteils in den späteren Jahreslagen allmählich in normales Holz übergeht und das Band, bzw. den Draht gänzlich überwallt. Eine solche überwallte Schnürstelle hat dann äuſserlich groſse Ähnlichkeit mit einer Veredlungsstelle, im inneren Bau natürlich nicht.

In der umstehenden Fig. 196 sind zwei verschiedene Stadien des Einschnürens dargestellt. Fig. 196, *1* ist ein einjähriger Ahornzweig, der eine Schnürstelle von wenigen Monaten besitzt. Fig. 196, *2* zeigt ein älteres Aststück, das eine mehrjährige Überwallung eines Drahtringes aufzuweisen hat. Fig. 196, *3* ist der Längsschnitt von Fig. 196, *2*, und im ersteren ist *d* und *d'* der Durchschnitt des Drahtringes, *u* der Überwallungsrand, welcher an der einen Seite (*u'*) durch die erhöhte Nährstoffzufuhr seitens des überstehenden Zweiges *z* stärker entwickelt ist und den Draht früher überwallt hat als an der Gegenseite.

Die anatomische Untersuchung des in Fig. 196, *1* dargestellten Stadiums ergab, daſs das Schnüren anfangs nicht sehr durchgreifende Veränderungen hervorzurufen vermag. Den wesentlichsten Nachteil hat die Rinde erlitten, und zwar sind es vorzugsweise die in der primären Rinde nach auſsen hin zwischen den Hartbastzellen, respektive den Steinzellnestern und der Epidermis liegenden Zellschichten, welche zusammengedrückt worden sind. Am stärksten zusammengepreſst erscheinen die dem Hartbast am nächsten liegenden Zelllagen; weniger scharf ist der Einfluſs auf die nach auſsen folgenden, oft schon collenchymatisch verdickten Lagen; ihre Zellen werden auf die Hälfte bis auf ein Viertel ihres normalen Querdurchmessers zusammengedrückt, und es scheint, als würden sie dabei auch etwas verlängert gegenüber den entsprechenden, an einer ungeschnürten Stelle liegenden Zellen. Die subepidermalen, fast quadratischen Zellen werden auf etwa die Hälfte ihres Querdurchmessers zusammengepreſst; am wenigsten leidet die Epidermis.

Wenn, wie hier in Fig. 196, *1* das schnürende Band mehrmals um den Zweig geschlungen ist, dann machen sich zwischen je zwei Umschlingungen scheinbar weit vortretende Wülste bemerkbar. In diesen ist die erwähnte Rindenpartie in der entgegengesetzten Weise wie an der Schnürstelle ausgebildet. Die im normalen Zweige in der Längsrichtung gestreckten, dem Hartbast angrenzenden Zellen sind radial bedeutend erweitert, ja kommen selbst lang cylindrisch in einer senkrecht auf die Hartbastzellen verlaufenden Richtung vor; dadurch wird das über ihnen liegende Rindengewebe, das weniger an der radialen Erweiterung teilnimmt, in die Höhe gehoben. Übrigens sind die zwischen zwei Schnürstellen liegenden Aufwulstungen gar nicht absolut groſs; sie erscheinen nur im Gegensatz zu den Vertiefungen besonders auffallend. Den Ausbuchtungen und Pressungen der primären Rinde folgen, wenn auch mit weit geringeren Schwankungen, die sekundäre Rinde und der Holzkörper. Der Druck, welcher sich auf die Gewebe geltend macht, wirkt nicht nur so weit, als gerade das Band auf der Rinde aufliegt, sondern auch noch etwas ober- und unterhalb der eigentlichen Schnürstelle; man merkt dies an dem Quer-

durchmesser der Zellen. Diese zeigten im Mittel aus zehn Messungen ein gegenseitiges Verhältnis

	in der Rinde	
normale	Wulst	geschnürt
Fig. 196, *1 n*	Fig. 196, *1 w*	Fig. 196, *1 g*
11,2	11,8	9,4
	im Holz	
7,3	6,9	4,6

Nach diesen Mittelzahlen, deren Glieder übrigens bedeutende Schwankungen darstellen, gibt sich also nur in den rundlich und weiter erscheinenden Rindenzellen eine Vergröfserung kund; die Holzzellen dagegen erscheinen etwas enger als im normalen Holze, wobei jedoch zu betonen, dafs dieselben gröfsten Breitendurchmesser der Holzzellen im Wulst wie in dem normalen von der Schnürstelle entfernten Zweigteile angetroffen werden und nur die Häufigkeit des Vorkommens den Ausschlag gibt.

Wenn die Schnürstelle jedoch älter wird, ohne dafs das Band gelockert oder gelöst werden kann, wie dies bei der in Fig. 196, *2* und *3* dargestellten Drahtumschlingung der Fall ist, dann nimmt endlich durch das Dickenwachstum des Holzkörpers des Stämmchens der Druck des Drahtes auf die Rindenschichten derartig zu, dafs dieselben getötet und in eine braune, krümelnde Masse verwandelt werden. Schliefslich reifst die gesunde Rinde ober- und unterhalb des Drahtes ein, und nun beginnt der Einschlufs des Drahtes durch Überwallung. Dadurch, dafs die überwallenden Schichten des Jahresringes in Holz und Rinde bedeutend dicker als an den vom Draht entfernten Stellen sind, tritt die ehemalige Schnürstelle als bedeutender Wulst hervor.

Fig. 196, *4* zeigt den in Fig. 196, *3* bei *a* angedeuteten Ausschnitt wesentlich vergröfsert. Wir sehen hier im Längsschnitt einen kleinen Teil des alten Holzes des Zweiges *H* vor der Anlegung des Drahtes *d* und gewahren die Neubildungen des Überwallungsrandes zunächst in der engsten Umgebung *U* des Drahtes und darauf eine Fortsetzung dieses Gewebes aus einer älteren Jahreslage *U'*. Die Übergänge sind aus Mangel an Raum fortgelassen worden; ebenso fehlt die Darstellung der über *U'* hinausgehenden Verschmelzung dieses ganzen oberen Überwallungsrandes mit dem unteren und die Darstellung des Überganges von den wirr verlaufenden Holzelementen des Überwallungsrandes zu dem normalen Holzbau, wie derselbe in den späteren Jahreslagen über der Drahtstelle wieder allmählich zustande kommt.

Wäre das Holz ohne die Behinderung durch den Draht normal weiter gewachsen, dann hätte der Bau derselbe bleiben müssen, wie er in *H* vor der Schnürung sich darstellt; es wären in regelmäfsiger Aufeinanderfolge Holzzellen *h* mit Gefäfsröhren *g* gebildet worden, und dieses weite Holz wäre durch radial verlaufende Markstrahlen *m* regelmäfsig gefächert worden. Statt dessen sehen wir nun durch den Einflufs des Drahtes ein Holz an der Schnürstelle und oberhalb derselben, *h' h''*, entstehen, das fast nur aus Holzzellen ohne Gefäfse zusammengesetzt ist. Diese Holzfasern lagern sich auch nur noch im Anfang bei *h'* genau in der Längsrichtung des Zweiges; je mehr sie sich in der Richtung von *h''* und *h'''* befinden, um so schräger verlaufen sie, um so gedrehter erscheinen sie. Das nach dem Umlegen des Drahtes gebildete Holz ist

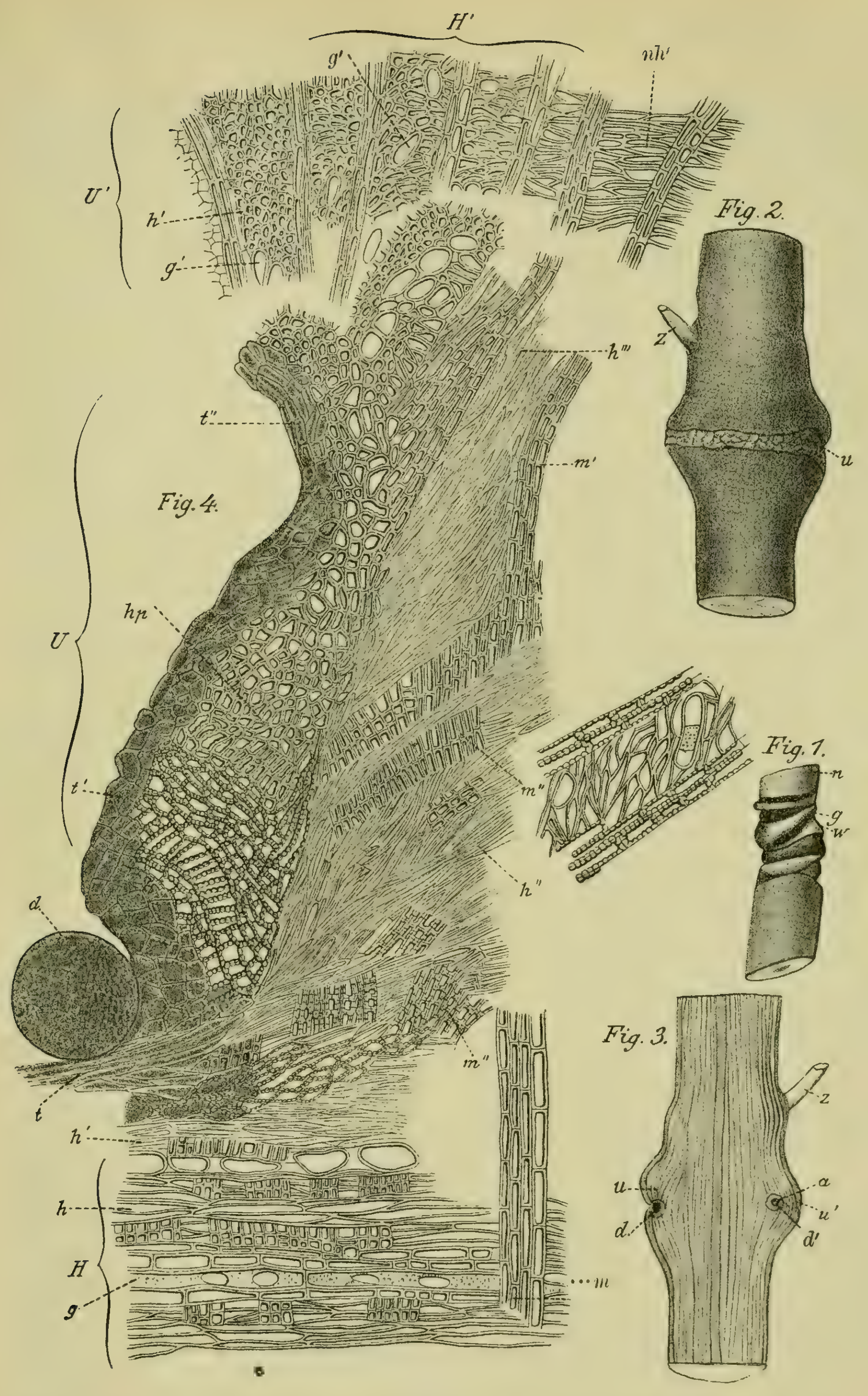


Fig. 196. *1* ist ein einjähriger geschnürter, *2* ein mehrjähriger Zweig mit überwalltem Drahtring. *3* Längsschnitt durch Fig. *2*, *4* anatomisches Bild eines Längsschnittes aus der Fig. *3*, *a* stammenden Zone. (Orig.)

also dichter, gefäfsärmer und gedrehter geworden. Die Markstrahlen, welche sonst als grade radiale Bänder vom Marke nach der Rinde hin verlaufen, machen dieselbe Drehung und das Ausweichen nach oben mit, wie die Holzzellen, so dafs ein genau in der Richtung des Stammradius geführter Schnitt verschiedene der gebogen verlaufenden Strahlen *m''* anschneidet.

Den Unterschied zwischen Holzzellen und Markstrahlzellen bemerkt man aber erst in einiger Entfernung von dem Drahte. In dessen unmittelbarster Nähe finden wir ein fast gleichmäfsiges parenchymatisches Holz *hp*, dessen Randpartie abgestorben und schwarz ist und den dunklen Strich darstellt, den wir in Fig. 196, *3* vom Draht *d'* aus eine kleine Strecke aufwärts verlaufen sehen. Die schwarze Furche geht nicht mehr ganz nach aufsen, da die späteren Jahreslagen (Fig. 196, *3 u'*) schon miteinander verschmolzen sind. Diese zu einer gemeinsamen, zusammenhängenden Holzlage miteinander verbundenen Überwallungsränder sind in Fig. 196, *4* durch das Gewebe *H'* angedeutet. Hier finden wir die Gefäfse *g'* und die Holzzellen *nh'*, wie im normalen Holze (nur kürzer) gebildet; aber ihr Verlauf ist in der Ebene, welche in gleicher Höhe mit dem Draht liegt, horizontal statt vertikal. Erst wenn man sich etwas von der eigentlichen Schnürstelle nach oben oder unten entfernt, fangen diese Elemente an, allmählich in den senkrechten, normalen Verlauf überzugehen, Fig. 196, *4 g' h'*. Die gebräunte respektive geschwärzte Zone *hp* setzt sich nicht mehr bis *U'* fort.

Nicht ohne Grund ist die Bezeichnung „gebräunt beziehungsweise geschwärzt“ gewählt worden; denn die Färbung ist von *t* bis *t'* vollkommen tintenschwarz, von da aus nach *t''* braunschwarz. In der Tat ist es auch Tinte, welche den geronnenen Zellinhalt in der Nähe des Drahtes färbt. Die Gerbsäure des Gewebes hat sich mit dem Eisen des Drahtes verbunden und damit den Zellinhalt der nächsten Umgebung getötet. Diese Verbindung ist nun auf weitere Strecken diffundiert, und zwar in dem Markstrahlgewebe weiter in das alte Holz hinein als quer durch die Holzzellen hindurch. Dafs der Draht direkt am alten Holze liegt und eine Zone desselben schon getötet hat, darf nicht in Erstaunen setzen, wenn man bedenkt, dafs der immer stärker werdende Druck des sich ausdehnenden Stammes auf den nicht nachgebenden Draht dazu führt, die weiche Rinde und das Cambium zusammenzudrücken und zu töten. Das tote Gewebe ist nur noch in schwachen Resten am Draht erkennbar.

Wie diese verschiedenen Gewebeformen zustande kommen, haben wir bereits oben durch den erst bis auf das Äufserste gesteigerten und dann durch das Platzen der Rinde um den Draht herum nahezu vollkommen ausgelösten Rindendruck erklären können. Die fast vollständige Lockerung der geplatzten Rinde läfst aus der Cambiumzone zunächst Parenchymholz hervorgehen; später, wenn durch Verschmelzen der Wundränder über dem dadurch eingeschlossenen Drahte sich der Rindendruck einstellt, treten auch echte Holzzellen und Gefäfse wieder auf; aber die Lagerung dieser Elemente ist noch lange Zeit hindurch die horizontale oder spiralige, schief aufsteigende, die sich durch den starken Druck des Drahtes zu der Zeit eingeleitet hat, als die Cambiumzone des Stammes noch hinter dem Drahte lag.

Physiologisch interessant bleibt die extreme Drehung der Holzfasern, die in geringerem Mafse bei sehr vielen Bäumen normalerweise

zu konstatieren ist und bei Individuen derselben Art in verschiedenem Grade zum Ausdruck kommt. Auf trockenem Standort ist der Drehwuchs augenfälliger. Wahrscheinlich ist die minder lange dehnbar bleibende, weniger leicht zerklüftende und darum höheren Druck ausübende Rinde solcher Exemplare auf trocknem Standort die Ursache der stärkeren Drehung der Holzfasern.

Der praktische Zweck des Schnürens ist derselbe wie der des Ringelns, aber ohne die Gefahr, welche eine gänzliche Fortnahme gröfserer Rindenpartien mit sich bringt.

Zweigstecklinge.

Als Steckling bezeichnet man jedes von der Mutterpflanze abgelöste Glied, das vermöge seiner Reservenahrung einzelne, vorzugsweise in der Nähe der Schnittfläche gelegene Zellgruppen zu neuer vegetativer Vermehrung anregt, so dafs sich meist Vernarbungsgewebe einstellt; das abgelöste Glied entwickelt sich durch Bildung neuer Wurzeln schliefslich zur selbständigen Pflanze. Über die anatomischen Verhältnisse und die Abhängigkeit der Gewebedifferenzierung von äufseren Faktoren gibt eine Arbeit von SIMON[1]) Aufschlufs, die während des Druckes erschien und nicht mehr berücksichtigt werden konnte.

Man darf behaupten, dafs eine derartige ungeschlechtliche Vermehrung bei allen Klassen des Pflanzenreiches zu finden ist und von den verschiedensten Organen ausgehen kann. Wir erinnern an das Fortwachsen abgerissener Mycelfäden, zerschnittener Sclerotien, abgetrennter Fruchtstiele von Laubmoosen, vonBlatt- und Blütenteilen bei Phanerogamen. Aufser den reichlich vorkommenden Wurzelstecklingen sind selbst Fälle von Wurzelbildungen aus Früchten bekannt geworden.

Uns beschäftigen hier vorläufig nur die Zweigstecklinge, deren Schnittfläche auf den Wundreiz zunächst durch Callusbildung reagiert. Im Anschlufs daran erörtern wir dann die Vermehrung durch Wurzelstecklinge, deren Vernarbung ebenfalls mit Callusbildung beginnt. Die Umwandlung des Callus zum eigentlichen Überwallungsrande durch Bildung einer peripherischen Korkzone hat sehr viel Ähnlichkeit mit der Bildung der Überwallungsränder an geringelten oder quer abgeschnittenen holzigen Zweigen. Nur macht sich bei den Stecklingen der Einflufs des feuchten Mediums, in welchem die Schnittfläche sich befindet, modifizierend bemerkbar. Auch ist ein Unterschied festzustellen, je nachdem der den Steckling liefernde Zweig sich bereits im verholzten Zustande befindet oder noch krautartig ist. An Stelle weitläufiger Auseinandersetzungen geben wir hier die Abbildungen eines noch krautartigen Fuchsienstecklings und eines bereits verholzten Rosenstecklings.

Die Basalpartie eines Fuchsienstecklings (Fig. 197) ist der Länge nach durchschnitten. *s* bis *s* bedeutet die ursprüngliche Schnittfläche; die unterhalb vortretenden Elemente sind nach dem Abschneiden gebildet, oberhalb *s* bis *s* liegen die ursprünglichen Gewebe des Stecklings, dessen eine Hälfte nur gezeichnet worden ist. *m* ist der Markkörper, *h* der Holzkörper, *r* die Rinde, in welcher die Hartbastzellen *b* verlaufen; diese sowie ein Teil der Holzzellen *h'* sind an der Schnittfläche gebräunt und abgestorben; auch die äufsere Rinde *r'* ist in der Gegend der Schnitt-

---

[1]) SIMON, S., Experimentelle Untersuchungen über die Differenzierungsvorgänge im Callusgewebe von Holzgewächsen. Leipzig 1908, Gebr. Bornträger.

fläche zusammengetrocknet. Die jüngeren, inneren Rindenschichten dagegen und namentlich der Markkörper haben durch reichliche Zellvermehrung ihre Wundfläche vernarbt. Der äufsere Teil dieses Vernarbungsgewebes ist verkorkt, und diese Korkschicht *k* hat eine bedeutende Ausdehnung durch die Tätigkeit des Korkcambiums *ke* erlangt, welche nun für das zartere, innere Rindengewebe den Abschlufs bildet. In der Callusrinde sehen wir die quergestreckten Schlauchzellen *o* mit oxalsaurem Kalk in Raphiden; in der Nähe derselben einzelne Zellgruppen mit dickeren Wandungen b', welche den Bastkörper der Gefäfsbündel darstellen, die bereits im Callus sich gebildet haben und deren Holzkörper durch Stränge kurzer, netzartig verdickter Gefäfszellen g'' angedeutet ist. Diese legen sich an die Gefäfse im Holz-

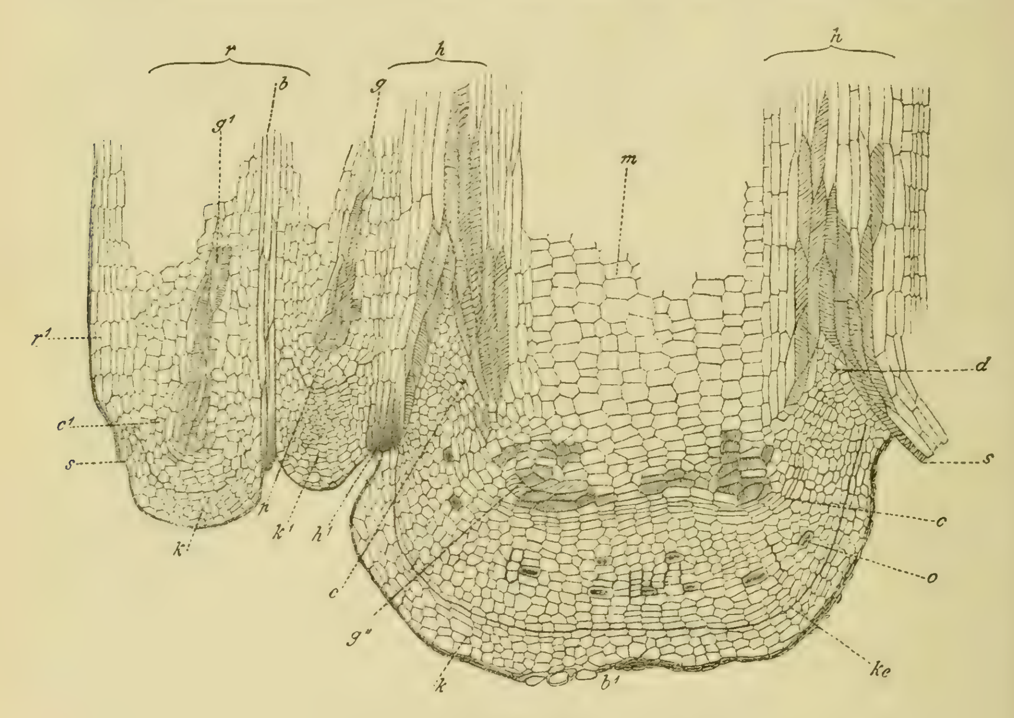


Fig. 197. Fuchsiensteckling. (Orig.)

körper des Stecklings an, dessen dünnwandige, stärkereiche, an den Markkörper grenzenden Holzzellen an der Callusbildung teilgenommen haben. Der alte Holzkörper des Stecklings ist bei dem Schneiden eingerissen. Die Rifsstelle *d* ist ausgefüllt mit Callus, und bis in diese Rifsstelle hinein läfst sich die Cambiumzone *c* bis *c* verfolgen, die in einem zusammenhängenden Bogen sich durch den Callus hinzieht. Das normale Cambium des Stecklings lag auf der Aufsenseite des Holzkörpers *h*. Hier ist durch das Abschneiden des Zweiges zum Steckling genau dieselbe Veränderung wie bei dem geringelten Zweige eingetreten. Aus dem Cambium hat sich zunächst gleichmäfsiges, parenchymatisches Gewebe *p* gebildet, in welchem allmählich kurze, netzförmig verdickte Gefäfselemente *g* auftreten. Nach der Schnittfläche

hin haben sich diese Gewebepartien durch eine starke Korkschicht *k'* abgegrenzt. Aber auch in der äufseren Rinde hat eine Zellvermehrung und in dem neuen Gewebe eine Bildung von kurzen Gefäfszellen *g'* stattgefunden, auf deren Aufsenseite eine Meristemschicht *c'* erkennbar ist.

In dem vorliegenden Beispiele hat neben dem Cambium der Markkörper den Hauptbildungsherd für den Callus dargestellt.

Ganz untätig dagegen bleibt das Mark in dem folgenden Falle, bei einem Rosenstecklinge, Fig. 198.

Auch hier bedeutet *s* bis *s* die Schnittlinie; alles unterhalb dieser Schnittlinie Liegende ist Callusbildung, die in dicken Wülsten aus dem

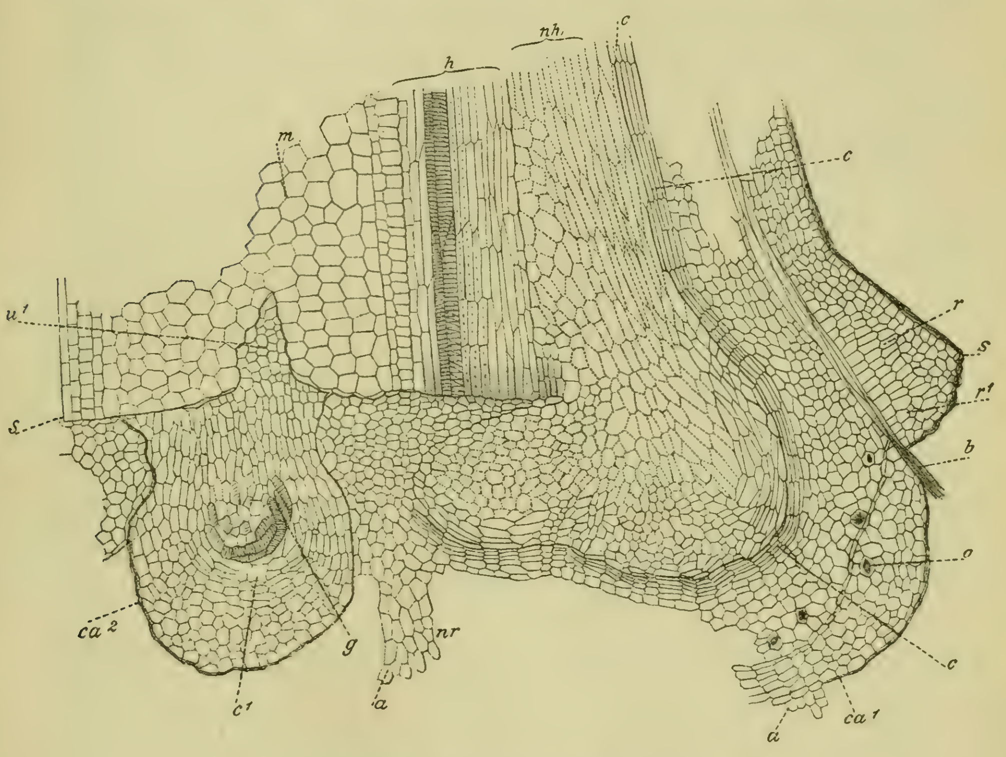


Fig. 198. Rosensteckling. (Orig.)

ursprünglichem Cambium hervorgebrochen ist und sich vom Rande her über die Schnittfläche ausbreitet. Wir unterscheiden in dem durch die Figur dargestellten Längsschnitt einen radial geschnittenen Wulst *ca'* und einen von der Hinterseite her sich vorwölbenden und daher quergeschnittenen Calluswulst ca^2, dessen Rinde bereits mit dem seitlich sich herumwölbenden *ca'* verschmolzen ist. So wird bei diesem älteren Rosenstecklinge allerdings auch der Markkörper gedeckt; allein dies geschieht hier durch Verschmelzung der vom Rande nach der Mitte hin sich vorwölbenden Ränder, während bei dem abgebildeten Fuchsienstecklinge die Hauptcallusmasse vom Marke selbst gebildet wird.

Die Bezeichnung der einzelnen Elemente stimmt im allgemeinen mit der der vorigen Zeichnung. *m* Markkörper, der hier durch den

Schnitt eingerissen ist. Der Rifs *u'* ist ausgefüllt durch den vom Hinterrande her sich vorwölbenden Callus; *h* ist das alte, vor dem Abschneiden des Zweiges zum Steckling gebildete Holz; *nh* das während der Stecklingsperiode gebildete Neuholz, das in seinem Charakter genau dem Neuholz des Ringelwulstes bei dem Weinstock entspricht; es beginnt mit kurzen, weiten, porösen, dickwandigen, stärkereichen Zellmassen, in denen ebenso kurze, netzförmige Gefäfse auftreten. Diese Elemente werden nach aufsen hin immer enger und gestreckter, dem normalen Holze immer ähnlicher, je später nach dem Schnitt sie angelegt werden, je näher sie also der Cambiumzone *c*, *c* liegen. Diese Cambiumzone geht im weiten Bogen um die Schnittfläche des alten Holzkörpers herum und ist auf ihrer Aufsenseite von der neugebildeten Rinde *nr* bekleidet, die in der Zeichnung nicht vollständig wiedergegeben ist. Am äufsersten Rande der Rinde bemerken wir noch die jetzt verkorkten und bereits im Absterben begriffenen, zuerst über die Schnittfläche hervorgetretenen weiten, reihenweis geordneten, an den Endgliedern aus abgerundeten, kugeligen bis birnenförmigen Zellen gebildeten Callusanfänge *a*. Diese Zellreihen vermehrten sich zuerst an der Spitze, indem ihre äufsersten Zellen sich vergröfserten, durch eine Querwand sich teilten und die dadurch verkleinerte Endzelle den Prozefs im Heranwachsen wiederholte.

In dem von hinten hervorkommenden, quergeschnittenen Calluswulst ca^2 bedeutet *g* die kurzen, netzigen Gefäfse, welche die Anfänge des neuen Holzkörpers sind; um dieselben zieht sich die Cambiumzone *c'*. *b* ist der alte, vor dem Abschneiden des Zweiges zum Steckling gebildete Baststrang; er ist an der Schnittfläche durch die wuchernde Neuholzbildung weit von dem alten Holze abgedrängt worden und an seinem freien Ende abgestorben. Die zu beiden Seiten dem Hartbast anliegenden Zellen dagegen haben sich, vom Rindendruck durch den Schnitt befreit, quergestreckt *r'*, während sie im normalen Zustande längsgestreckt sind. Der übrige äufsere Teil der alten Rinde *r* hat sich nicht verändert und seinen Wundrand durch Kork abgeschlossen. *o* rhombische Einzelkristalle und sternförmige Drusen von oxalsaurem Kalk.

Je nach der Pflanzenspezies treten bald aus dem Callus selbst, bald aus der oberhalb desselben belegenen basalen Region des Zweiges die neuen Wurzeln hervor.

Verwendung verschiedener Achsenorgane zu Stecklingen.

Die Callusbildung selbst, sehen wir, ist also der einfache Vernarbungsprozefs einer Querwunde. Die Ausbildung des Vernarbungsgewebes an der Basis des Stecklings wird von besonders günstigen Umständen begleitet. Die Reservestoffe im Steckling finden aufser in der Verheilung des oberen Wundrandes augenblicklich keine andere Verwendung als bei der Vernarbung der unteren Wundfläche, da der meist schattige Standort des Stecklings einem Erwecken der Knospen nicht günstig ist. Wo durch Unkenntnis die dem Steckling gebotenen Vegetationsbedingungen eine schnelle Entwicklung der Augen veranlassen, bleiben die Callus- und Wurzelbildung zurück oder schlagen ganz fehl. Zweitens wirken der feuchte Standort und die in der Regel erhöhte Bodentemperatur dahin, dafs die Zellvermehrung an der unteren Schnittfläche begünstigt wird, das Vernarbungsgewebe also einen sehr üppigen Charakter annimmt. Unbedingt nötig ist für den Steckling

die Callusbildung nicht. Pflanzen, welche sehr leicht Adventivknospen entwickeln, reduzieren ihr Callusgewebe auf ganz geringe Mengen; sie grenzen ihre Schnittfläche durch Korkbildung ab und verwenden ihre Reservestoffe sofort zur Bildung und Weiterentwicklung neuer Wurzelanlagen. Dabei tritt eine reiche Zellvermehrung häufig nur in der der Schnittfläche zunächst liegenden Cambiumzone ein, wodurch die Basis des Stecklings bedeutend anschwillt (*Begonia*). Die Callusbildung kann bei den schwer Adventivwurzeln treibenden Gehölzen sehr schädlich werden, indem sie durch ihre besonders reiche Ausbildung das Material für die Bildung neuer Wurzeln in Beschlag nimmt. Wir sehen dann bisweilen enorme, knorpelige Calluswülste, ohne dafs der Steckling Wurzeln macht (Coniferen).

Von der Art und dem Alterszustande des Stecklings und den gebotenen Vegetationsbedingungen hängt es ab, welche Gewebe an der Callusbildung teilnehmen. Stets ist das Cambium dabei beteiligt. Da, wo es nicht ausschliefslich den Vernarbungsprozefs übernimmt, wird es von dem Parenchym der Innenrinde oder aufserdem von einem Teil oder sämtlichem Parenchym des Markkörpers unterstützt; ferner können selbst das Parenchym des Holzkörpers und das der älteren Rinde sich beteiligen. Bei krautartigen, schnell wachsenden Pflanzen tritt sogar in dickwandigen Elementen eine Zellvermehrung in der Nähe der Schnittfläche ein durch Thyllenbildung in Gefäfsen und durch Neubildung von Querwänden im Collenchym der älteren Rinde, wobei beobachtet worden ist[1]), dafs die verdickten Wandungen der Collenchymzellen und der Gefäfse in der unmittelbaren Nähe der Thyllen sich aufquellend lockern und teilweis resorbiert werden.

Je mehr lebenskräftiges Parenchym vorhanden, desto schneller und reichlicher ist die Callusbildung. Man schneidet die Stecklinge gern am Knoten, unmittelbar unter einem Auge. Man kann bei einem Querschnitt durch ein Augenkissen sehen, dafs hier die Parenchymmasse am meisten entwickelt ist durch Abgang der Markbrücke in die Knospe. Am Knoten ist auch häufig das gesamte Markparenchym noch lebendig und teilungsfähig, während es im übrigen Teile des Zweiggliedes schon abgestorben und teilweis zerrissen ist.

Zu bemerken ist aber, dafs sich keine stets gültigen Regeln über die Art der Callusbildung geben lassen. Manchmal machen (namentlich bei krautartigen Pflanzen) die Stecklinge nur sehr geringen oder keinen Callus an der konvex sich vorwölbenden, durch Kork abgeschlossenen Wundfläche, und in einem anderen Falle liefern die Pflanzen bedeutende Callusmassen. Die ganz krautartigen Sommerstecklinge von *Vitis*, namentlich den amerikanischen Arten, liefern meist geringen Callus, manchmal aber grofse Massen davon. Ebenso ist es bei Rosenstecklingen, wenn dieselben in krautartig weichem Zustande von abgetriebenen Stöcken im ersten Frühjahr entnommen und in warme Sandbeete gesteckt werden. Grofser Nährstoffvorrat und langsame Verwendung desselben erwecken die Neigung zur Calluswucherung.

Die mit eingehenden Literaturnachweisen versehene Arbeit von J. Hanstein[2]) beschäftigt sich mit geringelten Stecklingen. Er sah,

---

[1]) H. Crüger auf Trinidad: Westindische Fragmente, XII. Einiges über die Gewebsveränderungen bei der Fortpflanzung durch Stecklinge bei *Portulaca oleracea*. Bot. Zeit. 1860, S. 371.

[2]) Johannes Hanstein, Über die Leitung des Saftes durch die Rinde. Pringsheim's Jahrbücher für wissensch. Botanik Bd. II, 1860, S. 392—467.

dafs solche Stecklinge mit gesondertem Holz- und Rindenkörper, welche in der Nähe ihrer Basis geringelt wurden, über der Ringelblöfse Wurzeln entwickelten und nicht an der unteren Schnittfläche. Wurden Stecklinge, welche schon Wurzeln gebildet hatten, geringelt, so hörte die Weiterentwicklung dieser Wurzeln auf, und es erfolgte Neubildung direkt über der Ringelblöfse. Eine Ausnahme erleidet diese Regel bei allen denjenigen Pflanzen, welche entwickelte Gefäfsbündel oder wenigstens ein entwickeltes Siebröhrensystem auch im Markkörper besitzen. Bei ihnen zeigen sich Wurzeln, trotz der Ringelung, an der unteren Schnittfläche des Stecklings. Unter Bestätigung dieser Ergebnisse ist nur hinzuzufügen, dafs man mit reifen oder nahezu ausgereiften Achsen operieren mufs, um diese Resultate zu erlangen. Wenn man ganz junge, krautartige Spitzen holziger Pflanzen verwendet, bei denen übrigens das Ringeln sehr schlecht sich sauber ausführen läfst, so entsteht aus der Schnittfläche oder in unmittelbarer Nähe derselben der neue Wurzelapparat, wobei alle Gewebe, mit Ausnahme der alten Prosenchymelemente, sich an der Callusbildung beteiligen. Der Teil über der Ringelblöfse vertrocknet dann häufig. Dieselbe Erscheinung läfst sich beobachten, wenn man Stecklinge verkehrt in die Erde steckt. Nur selten wachsen solche Stecklinge an und weiter fort; meist sterben sie, nachdem sie an dem in der Erde befindlichen, organisch oberen Ende Callus und wohl auch Wurzeln gebildet, von oben her bis auf eine kleine Basalpartie ab und entwickeln dann aus dieser neue Triebe.

Die Resultate sind insofern praktisch wichtig, als sie die Wanderung des plastischen Materials, das zu allen Neubildungen notwendig ist, deutlich illustrieren. Wir sehen, dafs die Hauptwege für die bildungsfähige Substanz in dem der Rinde eingefügten Siebröhrensystem zu suchen sind. Sind solche Wege auch im Markkörper vorhanden, dann findet in demselben ebenfalls eine Wanderung der plastischen Substanz statt. Neben diesen Hauptwegen gibt es noch für den Fall der Not bedeutungsvoll werdende Nebenwege. Es werden auch die Parenchymzellen der Rinde und des Markes plastische Materialien auf und abwärts leiten und ebenso, wie wir bei der Neuberindung von Schälwunden wahrnehmen, die Markstrahlzellen in der Achse gelöstes Reservematerial radial transportieren können; allein die Menge, die durch diese Wege wandern kann, ist nur gering und daher unzureichend für nennenswerte Neubildungen. Organisch aufwärts, also nach der Spitze hin, wandern die plastischen Stoffe viel schlechter als organisch abwärts.

Wie wir aus den verkehrt gepflanzten Stecklingen sehen und auch bei absichtlich verkehrt aufgesetzten Veredlungen wahrnehmen können, ist unter günstigen Verhältnissen eine Wanderung des gesamten flüssigen Materials in der Pflanze, sowohl der rohen Bodenlösung als auch der plastischen, organisierten Baustoffe nach allen Richtungen hin möglich. Die leichtest passierbaren Wege werden natürlich zuerst benutzt; bei dort eintretenden Hindernissen erlangen die Nebenwege eine erhöhte Bedeutung. Bei Stecklingen kann sich an jeder Wundstelle Callus bilden, und dieser Callus kann chlorophyllführende Achsen und Wurzeln erzeugen. Ob tatsächlich ein solcher Fall eintritt, das hängt von den äufseren Verhältnissen und dem jeder Pflanze innewohnenden, typischen, nur schwer irritierbaren Entwicklungsgesetz ab. Viele Pflanzen machen so schnell Adventivwurzeln aus dem Internodium, dafs die Callusbildung an der Schnittfläche gar nicht Zeit und Material genug erhält, um zu namhafter Entwicklung zu gelangen.

Aus der Verschiedenartigkeit der äufseren Einflüsse erklären sich auch die Widersprüche in den Resultaten der einzelnen Beobachter. So gibt STOLL[1]) an, dafs bei *Pogostemon Patchouli* ein Callus nicht sichtbar geworden, während HANSEN[2]) solchen beobachtete; auch sah ersterer aus dem Callusgewebe keine neuen Vegetationspunkte entstehen, während letzterer dergleichen konstatieren konnte usw.

Praktisch empfehlenswert ist für die Vermehrung von Sträuchern, die Stecklinge nicht aus ausgereiftem, altem Holze zu machen, sondern aus krautartigen Trieben, die womöglich von Pflanzen entnommen werden, welche im Winter in den Glashäusern angetrieben worden sind. Auch bei Pflanzen, welche in der Regel durch Samen gezogen werden, empfiehlt es sich unter Umständen, Stecklinge zu machen. Bei Gurken und Melonen ist es bekannt, dafs die Pflanzen aus vorjährigem Samen sehr üppige Laubtriebe machen, aber weniger gern reichlichen Fruchtansatz zeigen. Alte Samen mit wasserärmerem Inhalt verhalten sich dagegen, ähnlich den angewelkten Saatkartoffeln und dergleichen, günstiger, indem die vegetative Tätigkeit der Pflanze gemäfsigt erscheint. Stecklinge aus den Spitzen kräftiger Zweige von Pflanzen, die im Mistbeet getrieben werden und etwa im Mai schon die ersten Früchte liefern, geben bei Gurken und Melonen um diese Zeit binnen wenigen Tagen bewurzelte Pflanzen von gröfserer Fruchtbarkeit als die Samenpflanzen.

Es bleibt am Schlusse des Kapitels noch übrig, darauf aufmerksam zu machen, dafs die Stecklingsvermehrung zur Bildung neuer Varietäten vielfach Verwendung findet. Viele teratologische und pathologische Zustände, die an einzelnen Teilen einer Pflanze vorübergehend auftreten, werden durch Stecklinge fixiert. Eine Menge buntblättriger Pflanzen, Varietäten mit gefüllten Blumen u. dgl., welche ursprünglich an einzelnen Zweigen einer Pflanze sich gezeigt, sind dauernd durch Stecklinge der Kultur erhalten geblieben. Vorübergehende, im Habitus abweichende Jugendzustände bei Koniferen sind durch Stecklinge weiter vermehrt und als neue Formen oder Arten dem Handel übergeben worden. Einige auffallende Beispiele dieser Art bilden beachtenswerte Winke für weitere Versuche auf diesem Wege. Nach BEISSNER[3]) mufs man, um *Chamaecyparis squarrosa* aus Stecklingen von *Biota orientalis* zu erlangen, nur die kleinen Zweigachsen mit kreuzständigen Blättern, welche sich dicht über den Cotyledonen befinden, benützen. Die Mehrzahl dieser Zweigchen gibt stets *Biota meldensis*, bei deutlichem, schuppenförmigem Stande der Blätter *Biota orientalis*. Ebenso geben Stecklinge aus Erstlingstrieben von *Callitris quadrivalvis* eine neue Form. Der fixierte jugendliche Zustand von *Cupressus sempervirens* dürfte in *C. Bregeoni* zu finden sein; aus *C. Lawsoni* geben die Erstlingstriebe eine Form mit abstehenden Blättern. *Retinospora ericoides* Zucc. wurde von *Chamaecyparis sphaeroidea var. Andalyensis* gewonnen.

Bekannt ist die Verschiedenartigkeit der Pflanzen, die man bei Efeu erhält, je nachdem die Stecklinge von einem blütenlosen oder blütentragenden Zweige entnommen werden. Abgesehen von der oft

[1]) Über die Bildung des Callus bei Stecklingen. Bot. Zeit. 1874, Nr. 46 u. 47.

[2]) AD. HANSEN, Über Adventivbildungen. Sitzungsber. d. phys.-med. Sozietät zu Erlangen vom 14. Juni 1880.

[3]) BEISSNER, Über Formveränderung von Koniferensämlingen. Regel's Gartenflora 1879, S. 172; cit. Bot. Jahresber. 1879, II, S. 2.

einfacheren Blattform der letzteren, die sich auf Stecklingspflanzen gern überträgt, sehen wir auch den Habitus bei diesen zwergartiger und buschiger. Eingehend ist das Thema über die Erhaltung von Jugendformen neuerdings von DIELS[1]) behandelt worden.

Noch wenig ausgenützt, obgleich bei vielen Gehölzen sehr vorteilhaft, ist die Vermehrung durch Wurzelstecklinge. *Paulownia, Ailanthus, Syringa, Aralia, Mespilus, Rosa, Malus* lassen sich dadurch vermehren, dafs man vor dem ersten Triebe im Frühling oder vor dem zweiten Triebe im Juli stärkere Wurzeläste ablöst, in etwa 5 cm lange Stücke schneidet und reihenweis in den Boden flach hinlegt. Durch Adventivknospenbildung entstehen an verschiedenen Stellen des Wurzelstückes neue, sich durch eigne Wurzelbildung bald selbständig machende Pflanzen. Von Koniferen werden *Araucaria, Podocarpus* und *Gingko* als durch Wurzelstecklinge vorteilhaft vermehrbar angeführt, namentlich wenn sie in ein warmes Beet gesteckt werden. Stärkere Wurzelstöcke vertragen es auch, wenn sie der Länge nach gespalten werden; jede Hälfte entwickelt dann Adventivknospen.

Einzelne Gehölze lassen sich auch durch Auslegen von Augen vermehren (*Vitis*, *Paeonia arborea*). Die Augen werden im Frühjahr aus dem alten Holze derart ausgeschnitten, als ob man lange Okulationsaugen mit Holz schneiden wollte, und diese Augenstecklinge werden flach auf die Erdoberfläche in Töpfen niedergelegt. Es ist aber erforderlich, dafs ein schnelles Wachstum durch Bodenwärme angeregt werde.

Man kann ferner auch von Knollenstecklingen sprechen, da ein Verfahren existiert, die Pflanzen dadurch zu vermehren, dafs man aus fleischigen Knollen die Augen mit einer Partie reservestoffhaltigen Knollengewebes ausbohrt (Kartoffeln, Caladien). Meist bildet das ausgeschnittene Knollenstück an seiner freien Wundfläche auf Kosten der Stärke Kork und behält die übrigen Reservestoffe für die erste Ernährung der Augen, welche durch Entwicklung von Adventivwurzeln sich bald selbständig zu machen suchen. Im Anschlufs hieran ist das Zerschneiden der Saatkartoffeln zu besprechen. Die Praxis beobachtet in der Regel die Vorsicht, die Stücke der Knollen nicht gleich nach dem Zerschneiden der Erde zu übergeben. Diese Vorsicht ist ganz gerechtfertigt, da bei dem Legen der frischen Stücke ein Faulen derselben leicht eintritt, sobald auf schwerem Boden nur einigermafsen viel Feuchtigkeit vorhanden ist. Beläfst man die zerschnittenen Stücke dagegen einige Tage in der Luft, so bilden sich unterhalb der Schnittflächen Korklagen aus, welche das Knollenstück schützen. Wenn man die Knollen zu früh vor dem Austreiben schneidet, kommt bei einzelnen Sorten der Fall vor, dafs die Stücke lange Zeit in der Erde scheinbar unverändert bleiben, ohne dafs die Augen aber austreiben. Bei zarten Sorten empfiehlt es sich daher, die Knollen vor der Saat an einem hellen, warmen Orte auszubreiten, bis die Augen sich zu strecken beginnen, und dann erst das Zerschneiden vorzunehmen.

Die Wichtigkeit der Korkbildung an der Schnittfläche zeigen die Versuche von APPEL[2]), welche die Ergebnisse der Studien von KNY[3]) und

---

[1]) DIELS, L., Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich. Berlin 1906, Gebr. Bornträger.

[2]) APPEL, OTTO, Zur Kenntnis des Wundverschlusses bei den Kartoffeln. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1906, S. 118.

[3]) KNY, L., Über die Bildung des Wundperiderms an Knollen in ihrer Abhängigkeit von äufseren Einflüssen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1899, S. 154.

Olufsen[1]) ergänzen. Während die letztgenannten beiden Forscher in dem nach kurzer Zeit unterhalb der Schnittfläche sich bildenden Wundperiderm das Hauptschutzmittel der Knolle gegen die Einwanderung von Parasiten erblicken, weist Appel nach, dafs sich die Kartoffel schon zu schützen imstande ist, ehe der Wundkork entsteht. Er findet, dafs im günstigsten Falle die Peridermbildung erst am dritten Tage nach der Verwundung sich einstellt und dann nach zwei weiteren Tagen beendet ist. Für die nachweislich äufserst schnell eindringenden Fäulnisbakterien läge also die Wundstelle so lange schutzlos da, wenn nicht alsbald die Membranen der direkt unter der Wundfläche liegenden unversehrten Zellen an der von der Wundfläche abgewandten Seite verkorkten. Sogar für *Bacillus phytophthorus* erwies sich diese nach 12 Stunden bereits vollendete Korkeinlagerung in einem Teil der Zellwand der ersten und zweiten Zelllage unter der Wundfläche als vollständig ausreichend, um die Infektion zu verhindern.

Weniger gut kommt der Verkorkungsprozefs zur Ausbildung, wenn die Knollenstücke sofort trocken und warm (z. B. im Zimmer) aufbewahrt werden. Die äufsersten Zelllagen der Schnittfläche trocknen dann so schnell zusammen, dafs die beiden zur Verkorkung nötigen Faktoren, nämlich Sauerstoff und Feuchtigkeit, nur ungenügend zu den in Betracht kommenden Gewebeschichten Zutritt haben.

In gleicher oder ähnlicher Weise vollzieht sich der Wundschlufs bei allen fleischigen Pflanzenteilen[2]).

Die Veredlung.

Die Veredlung besteht in der künstlichen Ablösung einer oder mehrerer Knospen und deren Einfügung in einen lebenden Pflanzenteil behufs weiterer Ernährung und Ausbildung. Die ineinander gefügten Teile werden meist durch ein Band festgehalten und durch Baumwachs vor den störenden Eingriffen der Atmosphärilien geschützt. Der übertragene Teil kann im allgemeinen als „Edelreis“ bezeichnet werden, während der ernährende Stamm als „Unterlage“ angesprochen wird. Das neu entstehende, teils von der Unterlage, teils vom Edelreis gelieferte Gewebe, welches die Verkittung der beiden künstlich verbundenen Glieder bewirkt, wird „Kittschicht“ oder, nach Göppert, „intermediäres Gewebe“ genannt. Das Edelreis ist entweder ein einziges, mit einem Teil der umgebenden Rinde abgelöstes Auge oder ein Zweigteil mit mehreren Augen. Je nach dem Kulturzweck kann das Edelreis an die Stelle seiner Ablösung oder an eine andere Stelle desselben Individuums oder (was am häufigsten) auf ein anderes Individuum gebracht werden. Im ersteren Falle wird nur die Wirkung der Verwundung allein in Betracht kommen, im letzteren Falle wird auch der Einflufs der im Charakter verschiedenen Unterlage auf das Edelreis zu berücksichtigen sein.

Das Veredeln wird zunächst als Wundheilungsprozefs zu betrachten sein; in zweiter Linie wird der befördernde oder hemmende Einflufs ins Auge gefafst werden müssen, der aus einer gegenseitigen Ein-

---

[1]) Olufsen, Untersuchungen über Wundperidermbildung an Kartoffelknollen. Bot. Centralbl. Beihefte. Bd. XV (1903) S. 269.

[2]) Küster, Ernst, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, G. Fischer, S. 185 ff.

wirkung der beiden künstlich aneinander gefügten Pflanzenteile etwa entspringen könnte.

Unter den diese Punkte eingehend behandelnden Autoren ist zunächst GÖPPERT[1]) zu nennen, der durch anatomische Studien der Frage näher getreten ist. Eine sich an diese mit Abbildungen versehene Arbeit anknüpfende zum Teil bestätigende, zum Teil berichtigende Notiz hat Verfasser ein Jahr nach Erscheinen der GÖPPERT'schen Arbeit veröffentlicht[2]). Von den früheren Physiologen sind die Angaben von HANSTEIN[3]), von DE CANDOLLE[4]) und von TREVIRANUS[5]) besonders beachtenswert. Eine systematische Bearbeitung aller nur möglichen Variationen des Veredlungsverfahrens lieferte THOUIN[6]), der sich auf DUHAMEL[7]), LA QUINTINYE[8]), ROZIER[9]), CABANIS[10]) und die älteren Gartenschriftsteller stützt und durch reiche Literaturangaben das Studium der Geschichte der Veredlungskunst ungemein erleichtert.

Von den 120 verschiedenen Veredlungsformen, die THOUIN in seinem Buche beschreibt, mit besonderen Namen belegt und meistens auch abbildet, haben sich nur einige wenige einer allgemeinen Verbreitung zu erfreuen. Alle die jetzt üblichen Arten der Veredlung werden vom pathologischen Standpunkte aus am besten in ihrer Wertigkeit nach dem Grade der Verwundung abgeschätzt werden, den die Unterlage erleidet und nach der gröfseren oder geringeren Leichtigkeit, mit welcher die Wunden geheilt werden können. Unter sonst gleichen Umständen wird der Erfolg der Manipulation um so sicherer sein, je schneller das Gewebe des Edelreises mit dem der Unterlage in feste Verbindung tritt, und da diese Verbindung durch das neu entstehende Vernarbungsgewebe der Wunde hervorgebracht wird, so wird die Schnelligkeit des Wundschlusses den Mafsstab für die Verwertbarkeit der Veredlungsart hauptsächlich, wenn auch nicht ausschliefslich, abgeben können.

Die bei den Veredlungen überhaupt möglichen Verwachsungserscheinungen lassen sich auf die Heilungsvorgänge von drei Wundklassen zurückführen, die ich Schälwunden, Flachwunden und Spaltwunden genannt habe.

Als Schälwunden sind (wie aus den früheren Kapiteln ersichtlich) diejenigen Verletzungen bezeichnet worden, welche in einem vollständigen Entfernen des Rindenkörpers bestehen, so dafs der Holzkörper blofsgelegt wird, ohne dafs derselbe aber einen Substanzverlust erleidet. Die Veredlungsarten, bei welchen der Schälprozefs den hauptsächlichsten Teil der Verwundung bildet, gehören zu dem Typus der Okulation. Hier wird zur Zeit gröfster, cambialer Tätigkeit die Rinde auf eine gewisse Strecke von dem Holzkörper der Unterlage abgehoben, und auf die entblöfste Holzstelle das Edelreis eingeschoben. Letzteres besteht entweder aus einem einfachen Auge mit einem Rinden-

---

[1]) GÖPPERT, Über innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher. Kassel 1874.

[2]) SORAUER, Vorläufige Notiz über Veredlung. Bot. Zeit. 1875, S. 201.

[3]) HANSTEIN, Dr. J., Das Reproduktionsvermögen der Pflanzen in Bezug auf ihre Vermehrung und Veredlung. Wiegandt's Volks- und Gartenkalender 1865, S. 190.

[4]) DE CANDOLLE, Physiologie végétale II.

[5]) TREVIRANUS, Physiologie der Gewächse 1838, II, S. 647.

[6]) THOUIN, Monographie des Pfropfens, übers. von Berg 1824.

[7]) DUHAMEL, Physique des arbres 1758, II, S. 75.

[8]) DE LA QUINTINYE, Le parfait jardinier. Paris 1695.

[9]) ROZIER, Cours complet d'Agriculture, t. V, S. 346.

[10]) CABANIS, Principes de la Greffe, p. 105.

schildchen (Okulieren mit Rinde), oder aus einem Auge, das mit etwas Holz aus dem Mutterzweige herausgeschnitten war (Okulieren mit Holz), oder aus einem vollständigen Zweigstücke, das in verschiedener Weise zugeschnitten werden kann und unter die Rinde des Wildlings mit der Schnittfläche auf den Holzcylinder geschoben wird (Rindenpfropfen).

Unter der Bezeichnung „Flachwunde“ sind alle diejenigen Verletzungen zusammengefafst, bei welchen neben gänzlicher Entfernung eines Teiles der Rinde auch vom Holzkörper ein Stück weggenommen wird. Je nachdem die Wundfläche durch einen Längs- oder Querschnitt entstanden, präsentiert sich und verhält sich die Flachwunde verschieden. Wenn ein Span der Länge nach von der Achse abgeschnitten worden ist, liegen die Elemente des Rinden- und Holzkörpers in ihrer Längenausdehnung frei zutage. Es läuft das Regenwasser von dieser Längsflachwunde mit Leichtigkeit ab, wogegen es auf einem Stammquerschnitt in kleinen Mulden meist sich ansammelt und viel leichter die Fäulnis des Holzkörpers einleiten kann. Die horizontale Flachwunde ist immer viel gefährlicher für die Achse als die vertikal verlaufende. An Stelle der Horizontalwunden werden daher im praktischen Betriebe meist Diagonalverwundungen ausgeführt.

Die Veredlungsarten, bei denen die Flachwunden hauptsächlich oder ausschliefslich ins Spiel kommen, gehören zum Typus der „Kopulation“. Die einfachste Form derselben besteht in dem Aufsetzen eines Edelzweiges von derselben Dicke wie die Unterlage auf deren diagonale, durch das schräge Abschneiden des Gipfels entstandene Schnittfläche. Am nächsten verwandt damit ist das einfache und doppelte Sattelschäften. Man kann auch Edelreis und Wildling durch wirklich longitudinale Flachwunden miteinander verbinden, indem der Wildling nur an einer Stelle seitlich angeschnitten wird, ohne seinen Gipfel zu verlieren. Das Edelreis bleibt entweder an seiner Mutterpflanze und wird ebenfalls nur seitlich angeschnitten (Ablaktieren), oder es wird in Form eines abgeschnittenen Zweigstückes, wie bei den anderen Veredlungsarten, durch seitliches Anschneiden passend zum Anlegen an den Wildling gemacht. Damit das Edelreis in seiner seitlichen Lage fester sitze, wird es am unteren Ende kurz keilförmig zugespitzt und mit diesem Ende in eine Spalte am Grunde der Flachwunde des Wildlings eingezwängt. Bei manchen Pflanzen (Kamelien) schneidet man nicht selten das Edelreis überhaupt nur kurz keilförmig und zwängt den Keil in eine seitliche durch einen kurzen, schräg abwärts in das Holz geführten Schnitt entstandene Spalte der Unterlage (Einspitzen). Bei dem Mifslingen der Veredlung ist die Unterlage dann am meisten geschont und kann in kurzer Zeit zu neuer Veredlung benutzt werden.

Diejenige Verletzung, bei welcher der Stamm am meisten leidet, ist die Spaltwunde. Die Veredlungsart mit solchen Wunden ist das Spaltpfropfen, das in Deutschland wohl zuerst ausgeübt worden ist, jetzt aber nur noch für einzelne, spezielle Fälle der Verjüngung älterer Stämme in Anwendung gebracht wird. Das Spaltpfropfen besteht in einem Einschieben eines von zwei Seiten keilförmig zugeschnittenen Edelreises in den entweder durch Klüftung oder durch Ausschneiden eines Holzkeiles entstandenen Spalt des quer abgeschnittenen Wildlings.

Bei Betrachtung der Heilungsvorgänge, also des Verwachsungsprozesses bei den verschiedenen Veredlungsarten ist zunächst zu unterscheiden, ob eine Veredlung durch krautartige oder mit ausgereiftem,



Fig. 199. Rosenokulant. (Orig.)

fertigem starkem Holzkörper versehene Zweige ausgeführt wird. Im ersteren Falle nehmen häufig an der Bildung der „Kittschicht" mehr Gewebe teil als im letzteren Falle, bei welchem es sich vorzugsweise um eine von der Cambiumzone (bisweilen auch noch von der Markkrone) ausgehende Gewebemasse handelt, welche sich in den Zwischenraum zwischen Edelreis und Wildling hineinzwängen oder, bildlich genommen, die Fugen zwischen den beiden aneinanderliegenden Teilen ausgiefsen mufs.

Die Okulation.

Die interessantesten Verwachsungsvorgänge kommen bei den Okulationen vor. Auf der beigegebenen Tafel ist ein Rosenokulant dargestellt, dessen eine Hälfte (von *1* bis *2*) die Wundheilungsvorgänge nach sechs Tagen und die andere Hälfte (von *2* bis *3*) die Gewebebildungen nach ungefähr vier Wochen zeigt. Der vorliegende Querschnitt durch die Veredlungsstelle läfst mit Leichtigkeit bei *w* den Wildling, bei *E* das Edelauge erkennen. Am Wildling ist *h h* das alte Holz des Vorjahres, *sh* das diesjährige, bis zur Okulationszeit gebildete Holz. *RL* sind die durch den T-Schnitt abgehobenen Rindenlappen, in denen *b* die Hartbastzellen, *t* das abgestorbene Gewebe des Schnittrandes bedeuten soll.

Zur Zeit als die Rindenlappen durch das Einschieben des Auges *E* auseinandergespreizt wurden, war die Pflanze in grofser cambialer Tätigkeit; die Abhebung der Rinde erfolgte hier im Splinte derart, dafs schon die jüngsten Gefäfsanlagen *g* und die davor liegenden Cambiumschichten *c* auf dem Rindenlappen verblieben.

Vielfach hebt sich nur der Rindenkörper ab, ja, unter Umständen bleibt stückweis die ganze cambiale Region mit den jüngsten Rindenzellen auf dem Holzkörper haften. Eine Gesetzmäfsigkeit ist nicht erkannt worden. Es scheint, dafs stets die augenblicklich zarteste Partie bei dem Abheben der Rinde reifst, und dafs die gleichnamigen Gewebe zu derselben Zeit bei denselben Varietäten sich individuell verschieden verhalten, ja, dafs selbst die einzelnen Stammseiten eine verschiedene Lösbarkeit der Rinde besitzen. Es sind daher die Heilungsvorgänge bei derselben Spezies und Varietät, ja selbst an derselben Veredlung in verschiedenen Höhen ungleich.

Schon nach zwölf Stunden läfst sich an den Wundrändern sowohl der Rinde als des Holzkörpers eine Veränderung der peripherischen Zellschichten deutlich erkennen; die Membranen dieser Zellen haben sich entweder nur an der freiliegenden Aufsenseite oder am ganzen Zellumfange verdickt und gelblich gefärbt; der Zellinhalt ist voluminöser geworden. Ob dies nur durch Quellung, wie bei der Membran, geschehen oder ob bereits eine Zuwanderung von Material aus dem Innern des Holzkörpers nach der Peripherie hin stattgefunden, läfst sich nicht entscheiden. Die nächsten Entwicklungsstadien differieren jetzt schon je nach der Lebenskräftigkeit der blofsgelegten Zellen. In der Regel sind nicht alle Stellen am entblöfsten Holzkörper mit vermehrungsfähigem Splinte bedeckt. Tritt nun das Splintgewebe nicht in Vermehrung, dann quellen und bräunen sich die Zellmembranen des Wundrandes samt dem Inhalt immer mehr, sinken auch etwas zusammen und bilden einen unregelmäfsigen, dicken, gelben Streifen. Diejenigen Zellgruppen, welche sich zur Vermehrung anschicken, bräunen ihre Membranen meist nur sehr schwach und fangen häufig nach sehr

kurzer Zeit an, Wundcallus zu bilden. Das zartwandige, allmählich in parallelen Reihen fortwachsende Gewebe *ok* ist das bei den Schälwunden in seinen Wachstumsverhältnissen besprochene Wundgewebe, das beispielsweise bei *Fraxinus* nach zwei Tagen einmal in einer Mächtigkeit von 16 Zellen Höhe bereits beobachtet werden konnte. Verhältnismäfsig selten ist die Lagerung des Schälcallus so regelmäfsig, wie in der Zeichnung. Dadurch, dafs einzelne Stellen des Holzkörpers nicht Wundcallus bilden, legen sich die benachbarten Zellreihen fächerartig auseinander und überdecken die untätig bleibenden Stellen. Bei der Schnelligkeit dieser Callusbildung ist ein Decken der Fehlstellen und inniges Verkitten der von verschiedenen Seiten kommenden Elemente sehr natürlich.

Die Rindenlappen gehen durchschnittlich mit der Bildung von Wundcallus weniger schnell vor; auch sind die Produkte der Neubildung verschieden. Zwar wölben sich die plasmareicheren, peripherischen Zellen auch bald nach der Operation etwas hervor (*k*), aber treten nicht immer in Zellvermehrung oder, falls sich eine solche einstellt, ist das Produkt derselben nur Kork, welcher die Wundfläche schützen kann. Meist erst weiter nach dem inneren Winkel zu, an welchem der Rindenlappen auf dem Holzkörper festsitzt, sind die Neubildungen energischer und bis zu reichlichem Wundcallusgewebe gesteigert (*ok*).

Die schnell gebildeten Wundcallusmassen von Rinde und Holz sowie eventuell auch noch vom Edelreise vereinigen sich und bilden in kürzester Zeit einen vorläufigen Schlufs der Veredlungswunde. Wir sagen „einen vorläufigen Schlufs“: denn tatsächlich bleibt das bisher neu entstandene Gewebe meist nur kurze Zeit. Sobald nämlich das Callusgewebe eine gröfsere Ausdehnung erlangt und einem sich steigernden Drucke ausgesetzt erscheint, bildet sich in ihm in einer gewissen Entfernung von der bisweilen durch Korkzellen gefestigten Peripherie eine Meristemzone, deren Ausbildung von der Weite zwischen Wildling und Edelauge abhängig ist. Bei sehr geringer Entfernung sind bisweilen nur wenige seitliche, isolierte Herde kenntlich, bei grofsen Zwischenräumen und üppiger Ausbildung des Wundcallus kann man dagegen kontinuierliche Zonen entdecken, die manchmal nach schleifenartigem Verlauf eine Verbindung mit der mittlerweile scharf hevortretenden Cambiumzone des älter gewordenen Überwallungsgewebes des Rindenlappens *cc*, *cc* finden. In dem jungen Wundcallus ist die Meristemzone nicht gezeichnet, weil sie erst später auftritt.

Dieses Callusmeristem liefert in Gemeinschaft mit der Cambiumzone des Rindenlappens *cc* nun zunächst das eigentliche Kittgewebe, bestehend aus Parenchymholz in Form derbwandiger, isodiametrischer oder etwas radial gestreckter, unregelmäfsig viereckiger, nicht selten mit etwas verbogenen Wandungen auftretender Zellen (*kg*). Diese stellen die Anfänge eines unter geringem Druck sich bildenden Holzkörpers dar; sie pressen bei ihrer Vermehrung allmählich alles zartwandige, erstgebildete, den Charakter von Rindenparenchym bewahrende Gewebe (*ok*), das den ersten Wundschlufs darstellt, zusammen. Bei schleifenartiger Anlage der Meristemzone entstehen kreisförmige Figuren von Parenchymholz, welche noch braune, tote Zellnester des ursprünglichen Gewebes eingeschlossen haben. Allmählich ist zwischen *1* und *2* das ganze Gewebe *ok* durch Stärke speichernde Zellen vom Charakter *kg* verdrängt.

Das Edelreis nimmt im günstigen Falle ebenfalls am Wundschlufs teil. In der vorliegenden Zeichnung stellt es ein Auge mit Rindenschild, also ohne Holzkörper dar. Der Schnitt *E* ist der Querschnitt nur durch das Rindenschildchen; die dazu gehörige Knospe, welche in der Richtung von *o* gedacht werden mufs, liegt oberhalb der Schnittebene, in welcher nur das zum Auge führende, zentrale, grofse Gefäfsbündel *gb* und ein seitliches, kleineres gezeichnet sind. Das in jedem unverletzten Augenkissen vorhandene, die Zweigachse ebenfalls schräg durchsetzende, dritte, kleinere Bündel auf der anderen Seite des Zentralbündels ist bei dem Abheben des Rindenschildchens hier abgeschnitten worden, was für das Anwachsen des Auges unwesentlich ist. Dagegen ist das Fehlen des zentralen Gefäfsbündels, gleichbedeutend mit dem Fehlschlagen der Veredlung. Das Rindenschildchen mit der schnell vertrocknenden Knospenhülse ohne Gefäfskörper kann anwachsen: es ist mir aber nicht vorgekommen, dafs etwa ein übermäfsig üppiges Überwallungsgewebe von Seite des Edelauges Adventivknospen gebildet und auf diese Weise Ersatz für das getötete Auge geschafft hätte. Es findet zwar Adventivknospenbildung bei manchen Veredlungen statt, wie die umstehende Fig. 200 einer krautartig ausgeführten Rindenpfropfung von *Aesculus rubicunda* auf *Aesc. Hippocastanum* zeigt; aber diese Knospenbildung habe ich bisher nur auf üppigen Überwallungsrändern von Wildlingen gesehen. Die Rindenlappen *nl* haben eine derartig starke Neubildung erzeugt, dafs sie dadurch flügelartig vom Edelreise abgedrängt worden sind. Auf dem Rande stehen mehrfach Adventivknospen (*a*).

Bei dem Rosenokulanten Fig. 199 hat bereits die ganze Innenfläche des Rindenschildchens *E* neues Wundgewebe produziert, und zwar je nach dem Alter der Mutterzellen bald mehr, bald weniger. Die unterhalb des Hartbaststranges *b* liegende Cambiumzone des Bündels hat am reichlichsten neue Zellen gebildet, wie der vorspringende Zipfel *z* zeigt. Die Neubildung auf der Innenseite des Schildchens trägt den Charakter des Rindengewebes und ist bereits durch reichliche Kristalle von oxalsaurem Kalk ausgezeichnet, während die Cambiumzone *c*, welche neue Holzelemente zu bilden beginnt, in späteren Stadien der Verwachsung in Verbindung mit der Cambiumzone *cc* des Rindenlappens tritt. Sobald diese Vereinigung stattgefunden, ist am ganzen Stammumfange wieder ein zusammenhängender Cambiumring gebildet, von welchem die Cambiumzone des Edelauges einen integrierenden Bestandteil darstellt. Die Zone *cc* zeigt sich, wenn man sie rückwärts verfolgt, als die unmittelbare Verlängerung des cambialen Ringes bei dem unverletzten Achsenteile.

Wenn der Wundschlufs durch Verschmelzung der verschiedenen Wundgewebe und durch Vereinigung von deren Cambiumzonen stattgefunden, ist das dünnwandige Gewebe des Wundcallus *ok* fast verschwunden und durch das eigentliche Kittgewebe, in welchem sich oft Gruppen poröser Zellen von weniger porösen unterscheiden lassen, ersetzt, wie oben bereits gesagt worden. Wie der Rindenzipfel *2—3* zeigt, entsteht das Parenchymholz, das die dauernde Verkittung übernimmt, auch direkt, und zwar in den Winkeln, in welchen Rindenlappen und Holzkörper wieder zusammenstofsen, also da, wo der Zeigerstrich von *kg* endet. Wenn man nun sieht, dafs der Rindenlappen *3 RL* derart durch das Okuliermesser abgehoben worden, dafs nicht nur die ganze Cambiumzone, sondern auch noch ganz junge, aber in ihrem Charakter

schon bestimmte Splintelemente auf demselben sitzen geblieben sind, so erkennt man daraus, daſs dieses Kittgewebe ein Produkt von schon etwas älteren (nicht mehr den jüngstgebildeten) Splintzellen ist. Es geht nicht aus Wundcallus hervor (der sich in den inneren Winkeln nie bildet), sondern aus Teilung der schon zu Holzzellen und Gefäſsen veranlagt gewesenen Zellen.

Wir haben also drei verschiedene Faktoren, welche ein gleiches Produkt, nämlich das als Kittgewebe angesprochene Parenchymholz, liefern, das die Verbindung von Edelreis und Wildling übernimmt. Der erste Faktor ist der Rindenlappen des Wildlings, der zweite der Schälcallus des entblöſsten Holzkörpers, der dritte ist das Edelreis.

Welcher von diesen drei Faktoren bei einer anwachsenden Veredlung die Verkittung tatsächlich übernimmt, hängt von der augenblicklichen Kräftigkeit der einzelnen Faktoren ab. Die zu beobachtenden Variationen sind auſserordentlich groſs. Wesentlich für das Gelingen der Veredlung ist die möglichst schnelle Bildung von Wundcallus, der den vorläufigen Wundschluſs übernimmt. Dauernden Halt gewinnt die Veredlung aber erst dann, wenn die Cambiumzone *cc* der Neuholz bildenden Rindenlappen *RL*, die ich gelegentlich „den beweglichen Wundwall“ genannt, mit der Cambiumzone *c* des Edelreises in dauernde Verbindung tritt und in zusammenhängender Schicht verbleibende Holzelemente bildet. Der bewegliche Wundwall, der durch seine schneckenförmig an der freien Seite eingebogene Cambiumzone schon den Charakter des gewöhnlichen Überwallungsrandes zeigt, unterscheidet sich von diesem, dem „stehenden Wundwalle“, durch die groſse, zwischengeschobene Zone von Parenchymholz (*kg*), welche dem stehenden Wundwalle abgeht. Die Verschmelzungsstelle der Cambiumzonen von Wildling und Edelreis macht sich nicht nur im Verwachsungsjahre, sondern noch viele Jahre später immer kenntlich durch den Verlauf der Holzelemente. In der Verbindungslinie, welche sich also zwischen *c* und *cc* herstellt, sind die Elemente mehr oder weniger stark tangential gestreckt, während sie im Innern des Wundwalles bereits normale vertikale Lagerung angenommen haben, also durch den Querschnitt auch tatsächlich quer durchschnitten erscheinen (*hh'*) und so dem normalen Holze *hh* gleichen. Wenn durch Herstellung dieses Verbindungsstückes die Cambiumzone *c* des Edelreises mit der des Wildlings *cc* zu einem zusammenhängenden Ringe verbunden ist, sieht man, daſs dieser Ring nicht wie am unveredelten Stamme vom Zentrum überall annähernd gleich weit entfernt ist, sondern daſs er bei *z* und *cc* eine tiefe Einsenkung, eine S-förmige Biegung zeigt. Schon das bloſse Auge erkennt diese gebogene Verbindungslinie, die Demarkationslinie Göppert's, welche auch in der Rindenbekleidung auffällt[1]).

---

[1]) Das Abweichende der vorliegenden Untersuchungen von den bisherigen Arbeiten liegt in dem Nachweis des verschiedenartigen Ursprunges des Kittgewebes oder (nach Göppert) „intermediären Zellgewebes“. Dieser Forscher glaubt die Entstehung des Gewebes, das in Gemeinschaft mit dem Cambium die Verwachsung übernimmt, aus den Markstrahlen ableiten zu müssen, während Hanstein das gesamte Kittgewebe für Produktionen des Cambiums allein hält. Tatsächlich können alle noch zu Neubildungen fähigen Elemente an der Bildung des Wundcallus und Kittgewebes sich beteiligen. Bei manchen Bäumen erhält man beispielsweise ausgezeichnete Bilder von Wundcallus, der auch aus dem Markkörper, namentlich der Markkrone, hervorgeht (*Tilia*).

Die Heilungsvorgänge bei der zweiten üblichen Art der Okulation, bei welcher das Edelauge mit einem Stückchen daranhaftenden Holzes von dem Zweige abgeschnitten und in den Wildling eingeschoben wird, sind von den beschriebenen etwas abweichend. Der Nachteil bei dieser Veredlungsmethode mit Holzschildchen ist eine Verlangsamung der Verwachsung; der Vorteil besteht aber in einer gröfseren Sicherheit der Erhaltung des Edelauges. Bei dem Abplatzen des Rindenschildchens vom Holzkörper zwecks Okulation mit Rinde wird nicht selten bei zu starker Verholzung des für das Auge bestimmten Gefäfsbündelzylinders der eigentliche Knospenkegel auf dem Zweige belassen. Das Auge auf dem Rindenschildchen hat dann auf der Innenseite eine Grube und treibt nicht mehr aus. Ungeübte übersehen dieses Grübchen und okulieren somit nutzlos.

Derselbe Heilungsprozefs, der bei dem Okulieren mit Holz eintritt, findet bei dem Pfropfen in die Rinde statt. Nur wird hierbei der Wildling mehr beschädigt, indem er zunächst quer abgeschnitten werden mufs; dann wird die Rinde an einer Seite aufgespalten und zur Aufnahme des Edelreises wie bei der Okulation etwas abgehoben. An Stelle des einzelnen Auges tritt hier ein mehrknospiger, schräg zugeschnittener Zweig. Die schräg abwärts gehende Schnittfläche desselben bildet einfache Überwallungsränder, also stehende Wundwälle, die mit den beweglichen Wundwällen der Rindenlappen des Wildlings und dem Kittgewebe aus der blofsgelegten Holzfläche desselben verschmelzen. Bei dem Rindenpfropfen („Pelzen") hat der Wildling aber mehr Arbeit und weniger vorrätiges, plastisches Material, da auch der vom Edelreise nicht gedeckte Teil des Querschnittes an der Endfläche des Wildlings überwallt werden mufs.

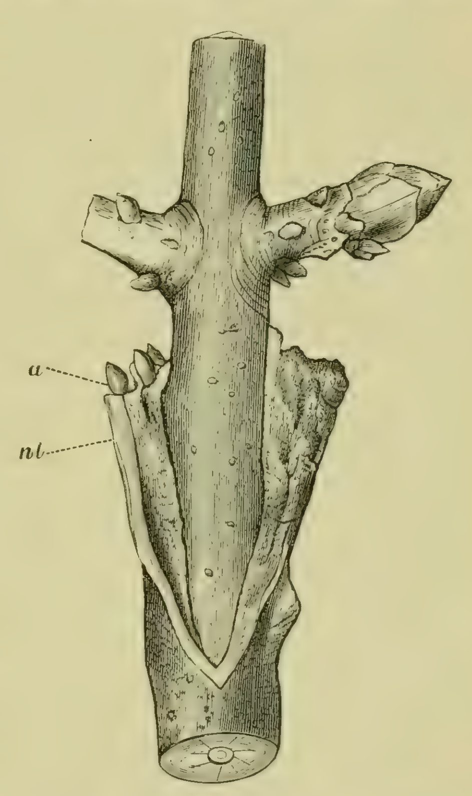


Fig. 200. Rindenpfröpfling von *Aesculus* mit Adventivknospen. (Orig.)

Welche Üppigkeit der Verwachsungsvorgang bei dem Rindenpfropfen auf kräftige Wildlinge erlangen kann, mag beistehende, nach der Natur aufgenommene Zeichnung (Fig. 200) einer Veredlung von *Aesculus rubicunda* auf *A. Hippocastanum* dartun. Die Neubildungen auf der Innenseite der Rindenlappen *nl* des Wildlings waren wenige Wochen nach der Veredlung so stark, dafs sie flügelartig vom Edelreis abstanden und an der Schnittfläche Adventivknospen (*a*) hervorbrachten.

Kopulieren und Pfropfen.

Bei der Kopulation werden das Edelreis am unteren Ende, die womöglich ebenso starke Unterlage am oberen Ende schief abgeschnitten. Die beiden Schnittflächen werden derart aufeinander gepafst, dafs die gleichnamigen Gewebepartien einander decken. Hier haben wir also einfach zwei Flachwunden; dieselben werden an ihrem Umfange Überwallungsränder bilden, die sich zwischen Edelreis und Wildling hineinschieben. Der Verschlufs ist bei gut ausgeführter Manipulation und sehr geringem Zwischenraum zwischen den Wundflächen ein so dichter, dafs selbst das Mikroskop keine Lücke zwischen dem alten Holze der Schnittflächen und dem eingeprefsten Kittgewebe erkennen kann. Göppert findet, dafs gerade bei der Kopulation dieses Kittgewebe schon im jugendlichen Zustande bald abstirbt, ohne zu verschwinden, während es nach Okulieren und Pfropfen bei vollständigem Schlusse lange in organischer Tätigkeit verbleibt. Mir ist eine solche, vom Veredlungsmodus abhängige Differenz in der Lebensdauer des Kittgewebes nicht aufgefallen. Wohl bemerkt man bei älteren Veredlungen Lücken oder braune, mürbe Massen abgestorbenen Gewebes; es schien mir aber, als ob dasselbe bei allen Veredlungsarten ohne Unterschied dann aufträte, wenn der Wundschlufs bei sehr dichtem Aufeinanderpassen von Edelreis und Wildling nur durch den erst entstehenden Wundcallus stattgefunden hat, ohne dafs sich nachträglich in der Fuge das holzparenchymatische Kittgewebe gebildet hätte. Die Kopulation darf daher wohl den Wert und die allgemeine Verwendbarkeit behalten, welche sie bisher gefunden. Die einfachste Form halte ich aber für die beste; das sogenannte englische Pfropfen, sowie die von Thouin angeführten Methoden (Miller, Küffner, Ferrari usw.) halte ich für unvorteilhafte oder gar schädliche Spielereien.

Als die gefährlichste Operation ist das Spaltpfropfen zu erklären. Im gebräuchlichsten Falle wird der Wildling quer abgeschnitten und ein- oder mehrfach bis tief in das Holz hinein gespalten. Das Edelreis wird von zwei Seiten keilförmig zugeschnitten und derart in den Spalt eingeklemmt, dafs die Cambiumzone desselben das Verbindungsglied zwischen den beiden durch den Spalt getrennten Teilen des Cambiumringes des Wildlings ausmacht. Das keilförmig zugespitzte Edelreis wird, falls es nicht krautartig ist, aus dem stehengebliebenen Teile seines Cambiums allein Wundwälle beiderseits hervortreiben; dasselbe geschieht an den beiden Spalträndern des Wildlings. Die verschmolzenen Kittmassen werden versuchen, den Spaltraum im alten Holze auszufüllen. Durchschnittlich gelingt dies selten vollkommen; von der Querschnittfläche des Wildlings dringt trotz des Baumkittes Feuchtigkeit in die Spaltwunde und veranlafst leicht Wund- oder Pilzfäulnis.

Der Veredlungsprozefs ist natürlich nicht an die Existenz einer bestimmten Cambiumzone gebunden, sondern wird auch bei Monocotyledonen möglich sein. Beispiele dafür liefert Daniel[1]), der bei Vanille und bei Philodendron Pfropfversuche mit Erfolg ausführte.

Es ist am Schlufs dieser Betrachtung der Wundheilungsvorgänge noch einmal zu betonen, dafs das Urteil über die Wertigkeit der Veredlungsarten sich hier nur auf mindestens ein Jahr alte, mit ausgebildetem Holzkörper versehene Achsen bezieht. Bei Veredlungen krautartiger

[1]) Daniel, L., Greffe de quelques Monocotyledones sur elles-mêmes. Compt. rend. 1899, II, p. 654.

Triebe von Holzpflanzen oder krautiger Pflanzen überhaupt kann die Wahl der Veredlungsmethode nach rein praktischen Gesichtspunkten stattfinden. Es nehmen bei der Verwachsung meist so viel Elemente der Schnittflächen (ältere Rinden- und Holzelemente, Markkörper) an der Bildung von Wundcallus teil, dafs eine innige Verbindung unter allen dem Pflanzenkörper überhaupt zuträglichen Umständen stattfindet, vorausgesetzt, dafs eine genügende Verwandtschaft zwischen Edelreis und Unterlage existiert.

Die Lebensdauer veredelter Individuen.

Ein Einflufs des Veredlungsvorganges auf die Entwicklung des Individuums wird, ganz abgesehen von etwaigen Einwirkungen einzelner Eigenschaften der beiden veredelten Teile aufeinander, nicht abzuleugnen sein. Jedenfalls werden, wie DUHAMEL bereits hervorhebt, die Gewebeveränderungen an der Veredlungsstelle eine Veränderung in der Leitungsfähigkeit veranlassen. Die Kittschicht wird sowohl in der Partie, in welcher sie aus stärkereichem Parenchymholz besteht, als auch später, wo sie aus gewundenen Prosenchymelementen gebildet ist, eine Verlangsamung der Wasserleitung und eine leichtere Speicherung des abwärts wandernden, plastischen Materials hervorrufen. Die Folgen dieser Veränderungen sind früher bereits besprochen worden.

Die bis jetzt wenig bekannte Grenze, bis zu welcher verschiedene Individuen miteinander zu einem dauernd normal funktionierenden Organismus verbunden werden können, läfs sich ungefähr dahin präzisieren, dafs im allgemeinen nur Pflanzen derselben natürlichen Familie mit Aussicht auf Erfolg aufeinander veredelt werden können. Dies würde nach den bisherigen Erfahrungen aber auch die äufserste Grenze darstellen. Es liegen Beispiele in genügender Menge dafür vor, dafs Geschlechter derselben Familie sich nicht dauernd vereinigen lassen, ja Arten desselben Geschlechtes können für einige Jahre verbunden bleiben und lösen sich schliefslich doch aus dem Verbande, wobei in der Regel der Tod des einen Teiles eintritt. Es ist wahrscheinlich, dafs aufser der stofflichen Verwandtschaft namentlich eine gleichartige, biologische Entwicklung der zu vereinigenden Individuen notwendig ist. So glaube ich, dafs der verschiedene Eintritt und Abschlufs der Vegetationsphasen (Blattbildung, Fruchtansatz usw.) und der verschiedenartige Wasserbedarf der Individuen sehr mafsgebend für die Dauer selbst solcher Veredlungen sind, die anfangs gut miteinander verwachsen. Manchmal halten sich Veredlungen viele Monate hindurch frisch, ohne dafs sie miteinander überhaupt fest verwachsen. Bei krautartigen Veredlungen heterogener Arten oder derartiger Organe sieht man, dafs manchmal das Edelreis weiter treibt und sich kümmerlich bis zur Blütenbildung entwickelt, schliefslich aber abstirbt. Soweit ich Einblick erlangte, war überhaupt keine Verwachsung eingetreten. Beide Teile können dabei ihr Bestes getan haben; ihre sämtlichen fortbildungsfähigen Gewebe können Neubildungen produziert, ja stellenweise namhaften Wundcallus hervorgebracht haben, aber es zieht sich zwischen diesen Gewebemassen der beiden Teile ein brauner Streifen hindurch, der sofort erkennen läfst, zu welchem Individuum das fragliche Gewebe gehört. Der braune Streifen ist entweder nur durch die gequollene Wandung der äufsersten Zellen gebildet oder auch durch Zusammenfallen ganzer Zellen der Wundränder verbreitert. Meist hat sich an der Grenze eine

Korkschicht durch Verkorkung der Membran der peripherischen Parenchymzellen oder aufserdem noch durch Erscheinen wirklicher Korkzellen eingefunden.

Auch bei Gattungen, welche schliefslich tatsächlich miteinander verwachsen, wie z. B. *Iresine* auf *Alternanthera*, findet man an ganzen Strecken der Veredlungsflächen ein Nebeneinanderwachsen der Kittgewebe, von denen jedes durch eine Korkschicht abgeschlossen ist.

Ähnliche Fälle liefsen sich bei Wurzelveredlungen (Bignonia) nachweisen, und bei Spaltpfröpflingen von *Paeonia arborea* auf fleischigen Wurzeln der *Paeonia officinalis* liefs sich beobachten, dafs die Wurzelunterlage nur als Aufbewahrungsort für das Edelreis gedient hatte. Letzteres hatte Wurzeln gemacht, ohne irgendwo mit der Unterlage verwachsen zu sein.

Die Wurzelveredlung ist im allgemeinen eine sehr gute Methode. Auch bei unsern Obstbäumen ist sie schon von SICKLER zu Ende des vorvorigen Jahrhunderts geübt worden, und später hat namentlich SEIGERSCHMIDT in Makó sich sehr empfehlend darüber geäufsert[1]). Wurzelstücke von der Dicke eines Federkiels bis zu der eines Daumens erweisen sich, wenn sie mit feinen Wurzeln versehen sind, geeignet; sie werden in 8—12 cm lange Stücke geschnitten, durch Kopulation oder mit Geifsfufs veredelt, und die Veredlungsstelle wird mit Erde bedeckt, so dafs 2—3 Augen über der Erde bleiben. Alte Kern- und Steinobststämme, welche entfernt werden müssen, geben ein reichliches Material zu Unterlagen. Selbstverständlich müssen die Wurzeln sehr gesund sein. Noch mehr in Aufnahme ist bereits das Verfahren, die Rosen auf Wurzelstücke im Januar oder Februar zu veredeln; auch bei *Clematis* und manchen andern Holzpflanzen bürgert sich diese Veredlungsweise immer mehr ein.

Dafs unter Umständen, die eine mangelhafte Verwachsung bedingen, die Lebensdauer einer Veredlung eine geringe sein wird, ist von vornherein zu vermuten. Ob aber der Veredlungsprozefs an sich die Lebensdauer einschränkt, wie THOUIN und GÖPPERT aussprechen, bleibt dahingestellt. Dafs veredelte Obstbäume durchschnittlich kurzlebiger sind als wurzelecht weiter wachsende Sämlinge, ist nicht zu leugnen. Man kann auch zugeben, dafs ein Absterben der Bäume, wie GÖPPERT beobachtet hat, in der Demarkationslinie durch allmähliche Verrottung der Verbindungsstellen sich einleitet; aber es ist nicht zu glauben, dafs dieser Verrottungsprozefs eine reguläre Todes- oder auch nur Krankheitsursache der veredelten Bäume sei. Man sieht im Gegenteil, dafs selbst schlecht verwachsene, ja anfangs blofs einseitig zusammengeklebte Kopulanten ganz gesunde dauerhafte Stämme geben können. Die alten Veredlungsstellen haben das festeste Holz: der Sturm dreht die Bäume an jeder andern Stelle wohl leichter ab als gerade an der Veredlungsstelle. Nur bei alten Stämmen, die später umgepfropft werden, mögen die Beobachtungen GÖPPERT's vielleicht als Regel gelten. Den durchschnittlich früheren Tod der veredelten Stämme erkläre ich mir dadurch, dafs man eben nur bessere, aber auch gleichzeitig weichere Kultursorten veredelt, die, abgesehen von den Störungen, welche sie durch den Kulturschnitt erleiden, an und für sich empfänglicher gegen Wachstumsstörungen und atmosphärische Unbilden sind, wie die aus Samen erzogenen, fast immer mehr oder weniger der härteren Wildlingsnatur sich nähernden Exemplare.

[1]) Wiener Obst- und Gartenzeitung 1876, S. 587.

Gegenseitiger Einflufs von Edelreis und Unterlage.

Betreffs der Einwirkung des Mutterstammes auf das Edelreis liegen seit langer Zeit Erfahrungen der Praktiker vor, dafs Äpfel, auf Johannisholz (Paradiesapfel) gesetzt, sehr niedrig bleiben und bisweilen schon in dem auf die Veredlung folgenden Jahre fruktifizieren. Auf dem Splittapfel werden die Formen schon gröfser; die Fruchtbarkeit tritt nach wenigen Jahren ein, während das Edelreis auf einer Unterlage von *Pirus Malus* die richtige Baumform erreicht, aber erst nach einer längeren Reihe von Jahren die Fruchtbarkeit erlangt; bei Birnen bilden die Quitte und der feuchten Boden liebende Weifsdorn die Zwergunterlage. Für rauhe und trockne Lagen ist von mehreren Seiten *Pirus Malus prunifolia major* neben *P. M. baccata cerasiformis*, dem Kirschapfel als Unterlage für Äpfel empfohlen worden[1]). *P. M. prunifolia*, der aus Sibirien stammt, ist hart und auch als Strafsenbaum zu verwenden; er unterscheidet sich durch seinen, in die Augen fallenden, stehenbleibenden Kelch von der Art *P. M. baccata*, zu welcher *cerasiformis* gehört, die den Kelch zur Reifezeit abwirft.

Über die Lebensdauer der Stämme äufsert sich LINDEMUTH, dafs die auf Johannisapfel gepfropften Sorten ihr Leben selten über 15—20 Jahre bringen, während die auf Sämlingen edler, baumartiger Sorten von *Malus* veredelten Exemplare 150—200 Jahre alt werden können. Von sonstigen Literaturnotizen erwähnen wir noch folgende:

Sauerkirschen auf Süfskirschen gedeihen weniger gut als diese auf jenen[2]). OBERDIECK sah Süfskirschen auf Sauerkirschen sehr fruchtbar tragen.

TREVIRANUS[3]) zitiert: Nufsbäume und Kastanienbäume von den spätausschlagenden Varietäten sollen auf frühtreibenden niemals geraten (nach CABANIS, *Traité de la greffe*); dagegen soll bei Kernobst diese Methode der Veredlung später Sorten auf frühe von gutem Erfolge begleitet sein und eine frühere Reife der Früchte bedingen[4]). Bei Pfirsichen scheint die Veredlung an sich, also sowohl von frühen auf späte Sorten und umgekehrt, von günstigem Erfolge zu sein. GAUTHIER teilte der Pariser Société cent. d'Horticulture[5]) mit, dafs er Pfirsich im August oder September auf Zapfen *(coursonnes)* wie auf die Verlängerungstriebe pfropfe und zwar späte Sorten auf frühe und umgekehrt. Die Früchte sollen dadurch gröfser werden, dafs bei einem Baume, der mit spät reifender Sorte veredelt, die Früchte der Unterlage zuerst geerntet werden können, und dafs dann der Baum seine übrige Kraft auf die Ausbildung der Früchte an den Ästen der aufgesetzten, späten Sorte verwenden kann. Im umgekehrten Falle einer Veredlung auf späte Sorten werden die ganzen Bäume kräftiger, da späte Varietäten im allgemeinen einen üppigeren Wuchs haben.

Ein älteres Beispiel von DUHAMEL[6]) ist in dieser Beziehung erwähnenswert. Mandel auf Pflaumen und umgekehrt wachsen zuerst

---

[1]) LIEB, Pyrus Malus prunifolia major. Pomolog. Monatshefte 1879, S. 130.

[2]) LINDEMUTH, Vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Landwirtsch. Jahrbücher 1878, Heft 6.

[3]) TREVIRANUS, Physiologie der Gewächse II, 1838, S. 648ff.

[4]) v. EHRENFELS, Über die Krankheiten und Verletzungen der Frucht- und Gartenbäume. Breslau 1795, S. 108.

[5]) ORTGIES, Vorteilhaftes Pfropfen von Pfirsichbäumen. Pomolog. Monatshefte v. Lucas 1879, S. 61.

[6]) DUHAMEL DU MONCEAU, La physique des arbres 1758, II, S. 89.

sehr gut an, aber gehen meist nach einem oder einigen Jahren zurück. Die Mandel hat ein viel üppigeres Wachstum, treibt früher im Jahre aus und bildet als Edelreis einen starken Wulst an der Veredlungsstelle. Es ist daher wahrscheinlich, dafs ein solches, früher und dauernd mehr Wasser beanspruchendes Edelreis so lange auf einer minder üppigen Unterlage gedeihen wird, als diese im Stande ist, aus ihrem gespeicherten Vorrat im Stamm dem jungen Reise zu genügen. Wird der Edelzweig mehrjährig, werden seine Bedürfnisse gröfser und kann er sich nicht, was häufig (Zwergstämme von Kernobst) der Unterlage akkomodieren, so geht er aus Nahrungsmangel allmählich zugrunde. Boden, Bewässerung, Sorte variieren die Erfolge sehr wesentlich. Umgekehrt wird eine zu frühe und üppige Unterlage einem mit weniger Ansprüchen auftretenden Edelreise mehr zuführen, als dieses aufnehmen kann. Das überschüssige Material der Unterlage ergeht sich nun in schnellen Neubildungen. Sind viele Knospenherde da, dann macht sich der Überschufs in der Produktion langgliederiger Schossen Luft. Wenn aber, wie bei den Veredlungen, die meisten Seitenzweige und Augen unterdrückt sind, dann bleibt das Material dem Verdickungsringe des Stammes zur Verfügung. Es bilden sich statt der Prosenchymelemente Nester aus Parenchymholz, welche bei den Amygdalaceen leicht zu Gummiherden werden, wie ich beobachten konnte. Von älteren Beobachtern berichtet Duhamel, dafs die mit Pflaumenreisern besetzten Mandelunterlagen an den Veredlungsstellen durch Gummosis zugrunde gingen.

Auch bei den ganz allgemein durchgeführten Veredlungen der Birnen auf Quitte und der Äpfel auf Paradiesapfel hat die Erfahrung gelehrt, dafs der Tod für schnellwüchsige Edelreiser um so schneller eintritt, je trockner der Boden und je weniger Wurzeln die Unterlage darin entwickelt. Die Edelreiser verschmachten leichter. Duhamel zitiert auch Fälle, dafs bei solchen Mifsverhältnissen zwischen Edelreis und Wildling betreffs der Wasseransprüche schon das einfache Verpflanzen den Tod durch Verschmachtung zur Folge hatte (Mandel auf Pflaumen), während die in der Schule stehen gebliebenen Stämmchen derselben Serie gesund blieben. Das Abschneiden der Wurzeln bei dem Verpflanzen hatte die augenblickliche Fähigkeit der Wasserzufuhr bei der Unterlage zu sehr vermindert. Auch Pfirsich auf Zwetschen sollen keine besonders haltbaren Verbindungen liefern (Pomolog. Monatshefte 1879, S. 370); das Edelreis soll rotgefärbtes Holz erhalten und bald zurückgehen. Ich schliefse hieran einen Versuch mit Veredelung von Himbeeren auf *Rosa canina*[1]). Von den durch Kopulation aufgesetzten Rubusreisern sah ich auf einem Exemplar zwei Zweige sich entwickeln, von denen der eine vier normale Himbeeren trug. Im Herbst aber starb das Edelreis ab, und bei der Untersuchung fand ich, dafs die Verwachsung eine sehr mangelhafte gewesen war. Am oberen Teile des Kopulationsschnittes hatte nur der Wildling Vernarbungsgewebe geliefert; dagegen war am untern Teile sowohl von *Rosa* als auch von *Rubus* reichlich Wundcallus gebildet worden, der die normalen Verwachsungsvorgänge zeigte.

Die immergrüne Belaubung scheint kein Hindernis für das Anwachsen auf laubabwerfenden Unterlagen zu sein. Reiser von *Prunus Laurocerasus* auf *Pr. Padus*, von *Quercus Ilex* und *Suber* auf *Q. sessiliflora*, von *Cedrus Libani* auf *Larix europaea* sollen gedeihen, während

[1]) Sorauer, P., Rubus auf Rosa. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1898, S. 227.

über ein Gedeihen laubabwerfender Gehölze auf immergrünen noch nichts berichtet wird. THOUIN[1]) widerspricht ersterer Behauptung.

Von den bemerkenswerten Ergebnissen der DUHAMEL'schen Versuche sei hier erwähnt, dafs z. B. die Frucht der Winterchristbirne auf Quitte ein zarteres, saftreicheres Fleisch und eine feinere, intensiver gefärbte Schale erhielt gegenüber den auf Wildling veredelten Reisern. LECLERC DU SABLON[2]) beobachtete, dafs Birnen auf Birnen gepfropft weniger Reservestoffe in den oberirdischen Teilen speichern als auf Quittenunterlage, deren Wurzeln aber ärmer an Reservematerial würden. Letzterer Umstand könnte die gröfsere Fruchtbarkeit bei Veredlung auf Quitte erklären.

Es ist merkwürdig, dafs bei einer so innigen Verbindung, die Birne und Apfel mit entfernter stehenden Unterlagen eingehen, sie gegenseitig nicht oder doch selten zu dauernder Vereinigung untereinander zu bringen sind. Es liegen in dieser Beziehung schon ziemlich zahlreiche Versuche vor. So berichtet KNIGHT[3]) von einem Apfel auf Birne, der ein Jahr lang eine reiche Ernte brachte, aber im Winter darauf einging. Die Früchte sollen auch ein schwarzes Kerngehäuse ohne einen einzigen Samen besessen haben. Von den späteren Beobachtern wird die Tatsache im allgemeinen bestätigt, aber hervorgehoben, dafs günstige Ausnahmefälle vorkommen. So berichtet Direktor STOLL[4]), dafs Apfelreiser auf Birnbäumen ganz gut angehen, auch sehr bald tragen, aber kleine Früchte bringen und meist im vierten Jahre absterben. Obergärtner SEIFERT in Segeberg (Holstein) beschreibt eine fünfjährige Apfelveredlung auf Birne als Unterlage, welche im vierten Jahre sechs gut ausgebildete Äpfel getragen hat (*Ribston-Pepping*). Die Früchte waren von gutem Geschmack, aber die Krone sehr schwachwüchsig. Von Birnenveredlungen auf Äpfeln sind mir mehrere günstige Resultate bekannt geworden. In Czerwentzitz bei Ratibor fanden sich viele Exemplare von Birnen, welche auf Äpfeln veredelt waren. Das Verfahren war seit zehn Jahren in Anwendung. Bei dem ersten Versuche (Geifshirtenbirne auf Apfel) zeigte sich, dafs die Früchte vom zweiten Jahre der Veredlung an auf der Apfelunterlage um vierzehn Tage früher reiften als auf dem eignen Mutterstamm. Das Edelreis hielt sich acht Jahre. Schwächere Unterlagen lieferten kein gutes Resultat; die meisten Sorten gingen zwar an, wuchsen aber nicht von der Stelle. Bei Wiederholung derselben Veredlung in mittlere Kronenäste gingen eine Anzahl Exemplare nach zwei bis drei Jahren ein. Die übrigen lebten noch einige Zeit kümmerlich weiter, ohne Früchte zu bringen. Aus derselben Zeit stammt eine Notiz[5]) von GILLEMOT, der selbst zweijährige Birnenveredlungen auf Apfelunterlage besafs. Ferner wurden bei ihm Kirschenreiser (Kgl. Amarelle) auf eine Pflaume (*Prunus insititia*) in die Rinde gepfropft. Die Reiser entwickelten sehr lange Triebe und im zweiten Jahre auch verhältnismäfsig viele und schöne Früchte, starben aber nach dem Fruchttragen sämtlich ab.

---

[1]) THOUIN, Monographie des Pfropfens. Deutsch von Berg 1824, S. 114.

[2]) LECLERC DU SABLON, Sur l'influence du sujet sur le greffon. Compt. rend. 1903, CXXXV, p. 623.

[3]) Hort. Transact. II, p. 201.

[4]) STOLL, Das Veredeln von Birnen auf Äpfeln. Wiener Obst- und Gartenzeit. 1876, S. 10.

[5]) GILLEMOT, Beitrag zur Veredlung verschiedenartiger Gewächse aufeinander. Wiener Obst- u. Gartenzeit. 1876, S. 121.

Bis in die neueste Zeit hinein sind derartige Versuche von verschiedenen Seiten wiederholt worden; es haben sich jedoch bis jetzt keine weiteren empfehlenswerten Resultate ergeben als die, welche seit langer Zeit betreffs der Verwendung der Zwergunterlagen bekannt sind. In einigen Fällen hat sich herausgestellt, dafs die Art der Veredlung ausschlaggebend für das Gelingen derselben ist. So berichtet beispielsweise Carrière[1]), dafs die Birnenvarietäten *Bon chrétien Rans, Doyenné de Juillet, Beurré Giffard, Beurré Box* nicht wachsen oder nach Produktion schwächlicher Triebe bald zugrunde gehen, wenn sie auf Quitte okuliert würden *(greffé en écusson)*; dagegen ist der Erfolg ein ganz wesentlich günstiger, wenn man in den Spalt pfropft und namentlich als Edelreis eine Zweigspitze benützt. Die Fruchtbarkeit ist ungemein grofs. So soll auch *Ligustrum ovalifolium* als Unterlage für die einzelnen Arten des Flieders sich verschieden verhalten. Nur *Syringa Josikea* soll als Okulant *(greffé en écusson)* fortkommen, während *S. Emodi, persica* u. a. nur durch Pfropfen in den Spalt *(greffé en fente)* sich gut entwickeln.

Die Neuzeit hat dieser Frage eine besondere Aufmerksamkeit bei der Weinveredlung im Kampfe gegen die Reblaus zugewendet. Die Zahl der darüber erschienenen Arbeiten ist ungemein grofs, so dafs wir nur auf einige hervorragende aufmerksam machen können. Zunächst stellte Couderc[2]) durch eine Umfrage bei etwa 450 französischen Weinbauern fest, dafs durch das Pfropfen selbst die Resistenzfähigkeit einer amerikanischen Unterlage gegenüber den Reblausangriffen gewöhnlich etwas herabgedrückt werde; aber auch die verschiedenen als Edelreis gebrauchten Sorten üben einen verschieden starken Einflufs aus.

Doch kommen auch Fälle vor, in denen ein sehr zusagendes Edelreis die Resistenzfähigkeit erhöhen kann. Dafs die Unterlage das Wachstum des Edelreises und namentlich auch seine Fruchtbarkeit beeinflufst, hebt u. a. Ravaz[3]) besonders hervor Präzise Zahlen über die Änderung der Trauben durch den Einflufs der Unterlage verdanken wir Hotter[4]). Derselbe untersuchte verschiedene Traubensorten, welche sowohl von den auf *Riparia* veredelten als auch von wurzelechten Rebstöcken derselben Sorte stammten. Von neun Traubensorten waren 77 % der Moste bei den veredelten Stöcken säurereicher als die der unveredelten Stöcke, von denen 65 % mehr Zucker als die auf Amerikanerunterlage besafsen. Diese Angaben stehen allerdings in Widerspruch mit denen von Curtel[5]), der die Früchte der gepfropften Reben gröfser, ihre Schale dünner und die Samen weniger zahlreich, aber dicker fand. Der Saft war reicher an Zucker wie an Säure, ärmer an Aschenbestandteilen, besonders Phosphaten, reicher an stickstoffhaltigen Bestandteilen, ärmer an Gerbstoff. Wir haben absichtlich beide Beobachtungen angeführt, um zu zeigen, wie verschiedenartig die Unterlage wirken kann. Weitere Erfahrungen finden wir in den Denkschriften des Kaiserlichen Gesundheitsamtes zu Berlin. So bestätigt beispielsweise die fünfund-

[1]) Carrière, Quelques observations à propos de la greffe. Revue hort. 1876, II, p. 208.

[2]) Aus dem Weinbau-Kongrefs vom 16. bis 19. August 1894 in Lyon; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1895, S. 118.

[3]) Ravaz, L., Choix des porte-greffes. Revue de viticulture 1895, Nr. 100, 105, 106.

[4]) Hotter, E., Der Einflufs der amerikanischen Unterlagsreben auf die Qualität des Weines; cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1905, S. 625.

[5]) Curtel, G., De l'influence de la greffe sur la composition du raisin. Compt. rend. 1904, t. CXXXIX, p. 491.

zwanzigste Denkschrift die bereits erwähnte Beobachtung, dafs die amerikanische Rebe an Widerstandskraft gegen die Reblaus, Gelbsucht u. a. verliert, wenn sie gepfropft wird[1]).

Betreffs des technischen Verfahrens, das bei der Weinveredlung zur Anwendung gelangt, folgen wir den Angaben von Schmitthenner[2]), der hervorhebt, dafs zurzeit der sogenannte Englische Zungenschnitt fast allgemeine Anwendung findet. Es ist dies eine Form der Kopulation, bei der der Diagonalschnitt nur geringe Länge hat, dafür aber die Schnittflächen von Edelreis und Wildling noch einen axilen Einschnitt erhalten. Nun schiebt man das Reis mit einem Spaltteil in den Spalt der Unterlage, so dafs Reis und Unterlage mit Gegenzungen ineinander greifen. Der anatomische Befund zeigt, dafs bei der Rebenveredlung mehr als bei jeder andern die Tätigkeit des Cambiums herabgedrückt wird; der nach der Veredlung entstehende Jahresring ist viel schwächer als der normale. Der Einflufs der Wunde ist viel bedeutsamer als bei der Veredlung anderer Gehölze und erstreckt sich bis zum nächsten Knoten, indem sämtliche Gefäfse mit verkorkten Thyllen ausgefüllt sind, welche Wundgummi enthalten.

Schon früher hatte Tompa[3]) über das Veredeln der Reben im krautartigen Zustande eingehende anatomische Daten geliefert. Übrigens wird die Weinveredlung erst dann zur vollen praktischen Wirksamkeit gelangen, wenn man als Unterlagen nicht die amerikanischen Arten, sondern deren Hybriden benutzt, die den einzelnen Örtlichkeiten angepafst sind[4]).

Seit dem vorigen Jahrhundert ist man der Bastardbildung durch Veredlung näher getreten. Das bekannteste Beispiel ist *Cytisus Adami*, der aus einer Veredlung von *Cytisus purpureus* auf *Laburnum vulgare* hervorgegangen sein soll und zeitweise nun seit 1826 in einzelnen Zweigen bald die Blüten der einen oder anderen Stammart produziert. Nach A. Braun[5]) soll sich der Rückschlag zuerst 16 Jahre nach der Veredlung gezeigt haben. Laubert[6]) fand, dafs diese Rückschlagsbildung als eine Knospenvariation anzusprechen sei, bei der die den *Cytisus purpureus* repräsentierende Zweigform auch in anatomischer Hinsicht ganz der echten Spezies gleicht. Beijerinck[7]) findet, dafs diese Knospenvariation sich häufig durch Wundreiz wecken läfst.

Ein anderes Beispiel wurde 1875 veröffentlicht[8]). In einem Weinhause in England wurde ein Stock, der mit *Black Alicante* bereits veredelt worden, nach längerer Zeit noch einmal mit drei Sorten auf den *Black Alicante* veredelt. Eine dieser drei Sorten wurde später samt

[1]) Fünfundzwanzigste Denkschrift betreffend die Bekämpfung der Reblauskrankheit. Bearbeitet im Kaiserl. Gesundheitsamte bis 1. Oktober 1903

[2]) Schmitthenner, F., Verwachsungserscheinungen an Ampelopsis- und Vitis-Veredlungen. Internat. phytopath. Dienst 1908, Nr. I.

[3]) Tompa, A., Soudure de la greffe herbacée de la vigne. Annal. Instit. ampélologique hongrois. 1900, t. 1, Nr. 1.

[4]) Teleki, Andor, Die Rekonstruktion der Weingärten usw. II. Aufl., Wien und Leipzig, Hartlebens Verlag, 1907.

[5]) Bot. Jahresber. 1873, S. 537.

[6]) Laubert, R., Anatomische und morphologische Studien am Bastard *Laburnum Adami* Poir. Bot. Centralbl. Beihefte Bd. X, Heft 3.

[7]) Beijerinck, M. W., Beobachtungen über die Entstehung von *Cytisus purpureus* aus *Cytisus Adami*. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1908, Heft 2, S. 137.

[8]) Grieve, Culford, Bury St. Edmunds, Singular Sport of a Grape Vine. Gard. Chron. 1875, I, S. 21.

einem kleinen Stücke der Unterlage fortgeschnitten. Darauf zeigte ein mitten in dem Aste der zweiten aufgesetzten Sorte (*Trebbiano*) stehender Sprofs einen Sporn mit Trauben, welche gänzlich der fortgeschnittenen Sorte (*Golden Champion*) glichen. Unterhalb und oberhalb des abnormen Spornes trug die Trebbianorebe wieder ihre charakteristischen Früchte. Es bleibt somit keine andere Annahme übrig, als dafs die weggeschnittene Championsorte nach rückwärts hin einen Einflufs auf die Unterlage (*Black Alicante*) und durch diese auf die seitlich veredelte Trebbianosorte ausgeübt hat.

Ein anderer, sonderbarer, älterer Fall ist durch LACKNER [1]) bekannt geworden. Im Garten Palavicini bei Genua sah LACKNER unter dem Namen *Maravilla di Spana* eine Orange (*Bigaradia bizarro* Riss.), die auf der Oberfläche zum Teil wulstige Streifen zeigte und auch dementsprechend im Innern teils einer Citrone, teils einer Apfelsine und Cedrate glich. Diese Form ist nachweislich um 1640 entstanden, wo ein Gärtner in Florenz einen Wildling veredelte, ohne dafs das Edelreis anwuchs. Unmittelbar unter der Veredlungsstelle entstand aber ein Zweig, welcher diese höchst merkwürdigen Früchte brachte. Die Blumen sind ebenfalls verschieden: einige erscheinen weifs, andere rot.

Im Jahre 1873 veröffentlichte die Revue horticole einen Fall, in welchem ein Herr ZEN durch Veredlung neue Rosenvarietäten gezüchtet habe. Die Varietäten blieben konstant.

FOCKE [2]) erwähnt eine weifse Moosrose, die auf eine rote Centifolie gepfropft worden war. Ein solcher Stock entwickelte aus der Basis Triebe, die teils weifse Moosrosen, teils Centifolien und auch Moosrosen mit zum Teil rotgefärbten Petalen trugen. Aufser bei den hier besprochenen Rosen werden noch *Pirus*, *Begonia*, *Oxyria* und *Abies* als Genera genannt, bei denen Pfropfmischlinge vorgekommen sind.

Eine Rückwirkung des Edelreises auf die Unterlage sieht DANIEL in einem Falle, in welchem alte, auf Quitte veredelte Birnen 2 m über dem Erdboden abgesägt worden waren. Aus den gänzlich entasteten Stumpfen entwickelten sich teils Zweige mit normalen Quittenblättern, teils solche mit Mischformen zwischen Quitte und Birne [3]). Derselbe Autor beschreibt in Gemeinschaft mit JURIE ähnliche Beispiele an gepfropften Reben, von denen RAVAZ [4]) aber nachweist, dafs derartige Variationen auch an nicht gepfropften Reben auftreten. Solche Fälle von Verwechslung kommen mehrfach vor: man ist sehr leicht geneigt, Formenunterschiede auf den speziellen Einflufs der Veredlung zurückzuführen, die in der Tat nur Variationen an üppigen Zweigen sind, wie solche nach starkem Zurückschneiden älterer Achsen sich geltend machen. Wir erinnern nur an die mannigfachen Blattformen des Stockausschlags bei *Morus*, *Populus* u. a. nach dem Absägen der Stämme.

Die meisten Irrtümer kommen bei den Pfropfversuchen mit krautartigen Pflanzen vor. Auch hier haben wir Versuche von DANIEL [5]), der Kohlrüben auf *Alliaria* und diese auf Grünkohl pfropfte und bei den

---

[1]) LACKNER, Einflufs des Edelreises auf die Unterlage bei Orangen. Monatsschrift d. Ver. z. Bef. des Gartenbaues v. Wittmack 1878, S 54.

[2]) FOCKE, Die Pflanzen-Mischlinge. Ein Beitrag zur Biologie der Gewächse. Bot. Centralbl. 1880, S. 1428.

[3]) DANIEL, L., Un nouvel hybride de la greffe. Compt. rend. 1903, t. XXXVII.

[4]) RAVAZ, L., Sur les variations de la vigne greffée; reponse à M. L. Daniel. Montpellier 1904.

[5]) DANIEL, L., Creation des variétés nouvelles au moyen de la greffe. Compt. rend. 1894, I, p. 992.

aus den Samen der gepfropften Exemplare entstandenen Pflanzen morphologische und anatomische Unterschiede gefunden hat. Hierher gehören auch die Kartoffelpfropfversuche und die Veredlungen von *Solanum Lycopersicum* auf Kartoffeln. Es liegen gerade betreffs der Veredlung verschiedener Solaneen aufeinander äufserst zahlreiche Versuche vor, die wir bereits in der zweiten Auflage dieses Handbuchs ausführlicher besprochen haben (S. 692 ff.). Die eingehendsten, bis auf die neueste Zeit fortgeführten Versuche verdanken wir LINDEMUTH, dessen Untersuchungen wir bereits in dem Abschnitt über *Albicatio* (S. 671 ff.) gedacht haben. MOLISCH [1]) hat frühere Versuche nachgeprüft und kommt in Übereinstimmung mit STRASBURGER und VÖCHTING zu dem Resultat, dafs eine Entstehung von Pfropfhybriden zwar theoretisch wohl erklärlich wäre, aber tatsächlich nicht genügend nachgewiesen sei, da er und die genannten Beobachter gefunden hätten, dafs Reis und Unterlage stets ihre Natur in morphologischer Hinsicht beibehielten.

Wir vermögen diesen Standpunkt nicht zu teilen, da namentlich die neuen LINDEMUTHschen Versuche [2]) sowie die von E. BAUR eine Beeinflussung der Unterlage durch das Edelreis genügend feststellen. Allerdings laufen in vielen Fällen Knospenvariationen nebenher, die mit dem stofflichen Einflufs des Edelreises auf die Unterlage nichts zu tun haben, sondern wahrscheinlich auf den Wundreiz zurückzuführen sind. Hemmungserscheinungen der verschiedensten Art, wie z. B. Drucksteigerung in der Knospenlage, können schon eine andere Entwicklung einer jungen Achse einleiten.

Der Einflufs der Unterlage auf das Edelreis ist bei der Obstzucht eine bekannte Tatsache. Wir erinnern nur an die verschiedene Wirksamkeit der Unterlage auf ein und dieselbe Apfelsorte. Auf *Doucin* zeigt sich starker Holztrieb und spätere Fruchtbarkeit, auf Paradiesstamm geringer Holzwuchs und früher Fruchtansatz. Allgemeine Regeln lassen sich nicht aufstellen. Der Erfolg hängt nicht nur von der Pflanzenspezies, sondern auch von den Nebenumständen (Alter, Standort, Ernährungsform usw.) ab.

Die natürlichen Verwachsungsprozesse.

Am häufigsten treten uns in Hecken die Verschmelzungen zweier Äste entgegen, die von den verschiedensten Richtungen her aufeinander zu gewachsen sein können. Dasselbe läfst sich in dichten Baumbeständen an Wurzeln beobachten.

Die Wurzelverwachsungen können in jugendlichem Alter der Organe stattfinden, in welchem die Epidermis noch teilungsfähig ist. Nach FRANKE [3]) zeigt sich dieser Vorgang bei dem Efeu (*Hedera Helix*) und der Wachsblume (*Hoya carnosa*), bei denen die Epidermiszellen zweier benachbarter Wurzeln papillenartig aufeinander zu wachsen und verschmelzen, sodann sich teilen und dadurch ein wenigschichtiges Bindegewebe darstellen, das allerdings nicht die Festigkeit besitzt wie das aus der Cambiumzone hervorgehende Kittgewebe bei zwei mit Borke versehenen Wurzeln älterer Holzpflanzen. Hier stellt sich derselbe

[1]) MOLISCH, H., Über Pfropfungen. Lotos 1896; cit. Bot. Jahresber. 1897, I, S. 155.

[2]) LINDEMUTH, H., Kitaibelia vitifolia Willd. mit goldgelb marmorierten Blättern. Gartenflora 1899, S. 431. — Über Veredlungsversuche mit Malvaceen. Ibid. 1901, Nr. 1

[3]) FRANKE, Beiträge z. Kenntnis der Wurzelverwachsungen. Beiträge z. Biologie der Pflanzen von F. COHN, Bd. III, Heft 3; cit. Bot. Centralbl. 1882, Bd. X, Nr. 11, S. 401.

Vorgang wie bei der Verschmelzung oberirdischer Organe ein. Die Rinde an den Berührungsstellen wird teils nach aufsen gedrängt, teils inselartig eingeschlossen; das Cambium produziert dort nicht mehr, wo der Druck an der Berührungsstelle sich geltend macht, und verschmilzt zu einer gemeinsamen, beide Wurzeln umfassenden Schicht, die alljährlich bei genügender Ernährung neue Holzlagen über die Verwachsungsstelle legt.

Bezüglich der anatomischen Verhältnisse bei der Verwachsung von Stämmen verweisen wir auf die Arbeiten von KÜSTER[1]) und erwähnen hier nur noch einen von uns selbst beobachteten seltenen Fall. Derselbe fand sich im Ellguther Forste bei Proskau an einer Kiefer, an deren kräftigem Stamm ein zweiter, dünnerer Stamm an mehreren Punkten durch natürliche Ablaktion festgewachsen ist.

Die Basis des schwächeren Baumes ist vor vielen Jahren abgehauen worden, so dafs derselbe seine Nahrung ausschliefslich von der älteren Kiefer beziehen mufs. Beide Stämme waren zur Zeit der Beobachtung vollkommen gesund und bilden eine gemeinsame Krone; nur wollte mir scheinen, als ob der ablaktierte, wurzellose Stamm etwas kürzere Nadeln besessen hätte.

Fig. 201. Kiefer aus dem Ellguther Forste, bei der ein Stamm einen zweiten durch natürliche Ablaktion verbundenen, wurzellosen Stamm dauernd mit ernährt. (Orig.)

Von einer anderen Kiefer besitze ich ein Stammstück, bei welchem die Spitze eines etwa 5 cm dicken Astes in die Hauptachse hinein sich gebohrt hat und in derselben gänzlich verschwunden ist. Es ist dies ein Beispiel für die sogenannten „gehenkelten Stämme“.

Sämtliche Vorgänge dieser Art beruhen auf der Fähigkeit des cambialen Gewebes, Verkittungsschichten zwischen verschiedenen Achsen zu bilden. Die Prozesse unterscheiden sich von den Ver-

[1]) KÜSTER, E., Über Stammverwachsungen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XXXIII, Heft 3. — Pathologische Pflanzenanatomie. Jena 1903, Gustav Fischer, S. 173 ff., Abschnitt Wundholz.

edlungen nur dadurch, dafs die später miteinander verwachsenden Cambialschichten zunächst durch die Rinde der Pflanzenteile voneinander geschieden sind. Diese mufs erst durch allmähliche Reibung entfernt werden. Ist die Verschmelzung der Achsen vor sich gegangen, dann lagert sich alljährlich ein zusammenhängender Holzmantel über die Verwachsungsstelle. Manchmal liegen gröfsere, braune Partien abgestorbener Rinde mitten in der Verwachsungsfläche, was sich durch die unebene Beschaffenheit der miteinander in Berührung tretenden Achsen erklären läfst. Wenn zwei mit Borkenschuppen bekleidete Stämme einander berühren, so reiben sich zunächst die hervorragendsten Stellen gegenseitig ab und verwachsen miteinander zuerst, während tieferliegende Furchen gar nicht an der Verwachsung teilnehmen, sondern von dem neuen Gewebe eingeschlossen werden.

In Wäldern, namentlich Fichten- und Kiefernwaldungen, begegnet man häufig Zwillingsstämmen, welche auf verschieden lange Strecken von der Basis aus miteinander verwachsen sind. Seltener sind die Fälle, in denen Stämme isolierten Ursprungs in den höheren Regionen ihrer Hauptachse miteinander verwachsen.

Manchmal zeigt der Querschnitt der Basis eines Zwillingsstammes drei Centren. Bei Koniferen ist der mittelste, dritte Stamm in der Regel verkiehnt. Hier ist jedenfalls in der Jugend der Gipfel der Hauptachse abgebrochen worden, und zwei Seitenaugen haben das Wachstum übernommen. Anstatt wagrechte Äste zu bilden, haben sich diese zu zwei Gipfeltrieben entwickelt, welche nach einer längeren Reihe von Jahren die absterbende Hauptachse gedrückt und endlich umwallt haben. Ihre gegenseitigen Umwallungsränder haben sich allmählich miteinander vereinigt, und schliefslich ist ein einziger, zusammengedrückter Cylinder aus den drei Achsen geworden.

Dafs die Verwachsung auch zwischen Teilen von Individuen verschiedener Arten vor sich gehen kann, ist nach den bei dem Veredlungsprozesse erwähnten Versuchen als feststehende Tatsache anzunehmen. Fichten und Tannen, Äpfel und Birnen und diese mit Quitte, Mandel mit Pflaume u. dgl. dürfen als bekannte Beispiele gelten. Es ist jedoch auch hier sicherlich eine Grenze in der Verwandtschaft der Pflanzen vorhanden, über welche hinaus eine wirkliche Verwachsung trotz innigster Berührung und starker Reibung nicht statthaben wird. Es finden sich zwar in der Literatur eine ganze Anzahl Mitteilungen über Verwachsungen sehr heterogener Pflanzen, indes beruht gewifs ein Teil dieser Angaben auf irrtümlicher Beobachtung[1]), indem man Verwachsungen annahm, wo nur Umwachsungen stattfanden.

Nach den bisher so ausführlich dargestellten Vorgängen der Wundheilung dürfen wir hier wohl, ohne mifsverstanden zu werden, aussprechen, dafs sich der scheinbar so starre Holzkörper eines Baumes in alle möglichen Formen bringen läfst, wenn das aus dem Cambiumringe hervorgehende Gewebe in bestimmter Weise eingeengt wird. Man kann auch bildlich recht gut sagen, dafs sich der Holzstamm um alle, seinem Dickenwachstum dauernd im Wege stehenden Körper herumgiefst, dieselben überwölbt und gänzlich einzuschliefsen imstande ist. Beispiele von sog. eingewachsenen Steinen, Fichtenzapfen, ja selbst Tiermumien sind mehrfach beobachtet worden.

---

[1]) Moquin Tandon, Pflanzen-Teratologie, deutsch von Schauer 1842, S. 274. — Masters, Vegetable Teratology 1869, S. 55.

Wir können um so mehr die Aufzählung von einzelnen Beispielen unterlassen, als wir jetzt eine ganze Anzahl äufserst anregend geschriebener Bücher über merkwürdige Bäume und andere botanische Naturdenkmäler aller Art besitzen. Das lehrreichste dürfte zurzeit das Werk von Ludwig Klein[1]) sein, das durch mehr als 200 nach photographischen Naturaufnahmen angefertigte Abbildungen besonders berufen erscheint, die Liebe für die Baumwelt zu wecken und zu fördern.

Wundschutz.

Vom natürlichen Wundschutz haben wir teilweise schon gesprochen, insofern er durch Korkbildung hervorgerufen wird. Bei dem Holzkörper der Bäume aber findet sich keine die Wundfläche schnell deckende Korklage, sondern es füllen sich die Gefäfse an allen den Stellen mit Thyllen oder einer gummiartigen, in kochender Salpetersäure meist leicht (bei den Correen schwer) löslichen Substanz (Wundgummi), wo gesundes an abgestorbenes Holz grenzt. Die Thyllen sind in der Regel von etwas Gummi begleitet. Beide Ausfüllungsarten machen das Holz der Aststumpfe für Wasser und Luft völlig undurchdringbar und bilden innerhalb der Vegetationszeit einen schnellen Verschlufs. Aus dieser Beobachtung ergibt sich, dafs wir gut tun, im Winter kurz vor Beginn der cambialen Tätigkeit die Bäume auszuschneiden[2]).

Bei einer gröfseren Anzahl von Holzgewächsen füllen sich die Gefäfse und häufig auch einzelne der anderen Holzelemente mit kohlensaurem Kalk[3]). Derselbe zeigt sich in der Regel im Kernholz und denjenigen Gewebepartien, deren Zellen dem Kernholz ähnliche chemische und physikalische Beschaffenheit haben wie das vom Kernholz umschlossene Mark und das tote, verfärbte Holz in den Astknoten und an Wundstellen. Diese Ausfüllung ist eine meist so vollständige, dafs man nach dem Verbrennen solcher Holzteilchen solide Kalkabgüsse der Zellen sieht, welche den Kalk enthalten haben. Der Vorgang läfst sich so erklären, dafs überall da, wo sich für das die Holzzellen und Gefäfse durcheilende Bodenwasser, das den Kalk als doppelt kohlensauren enthält, Gelegenheit findet, Kohlensäure abzugeben, sich der nun nicht mehr gelöst bleibende Kalk als Niederschlag auf der Innenseite der Gefäfse absetzt. Im lebendigen Kernholze, das nicht wie der Splint noch das Kalksalz schnell verarbeitet, wird eine jede Temperaturerhöhung ein Entweichen von Kohlensäure veranlassen und einen Niederschlag von Kalk einleiten. Bei den Wunden wird durch das Freilegen des Gewebes ebenfalls die Kohlensäure verschwinden. Während nun der Splint, der keinen Kalk ablagert, durch die Thyllen- resp. Gummibildung (wahrscheinlich infolge des Eintritts von Luft in vorher saftführende Gefäfse) sich vor dem Eintritt der Atmosphäre schützt, sehen wir bei Kernholz die Kalkablagerung als Schutzmittel auftreten.

Im normalen Stamm tritt die Kernholzbildung erst in fortgeschrittenen Altersstadien auf; nach Verwundungen aber leitet sie sich

---

[1]) Klein, Ludwig, Bemerkenswerte Bäume im Grofsherzogtum Baden. Heidelberg 1908, Winter's Universitätsbuchhandlung.

[2]) Böhm, Über die Funktion der vegetabilischen Gefäfse. Bot. Zeit. 1879, S. 229. — Die äufserst reiche Literatur über Thyllenbildung findet sich bei E. Küster, Pathologische Pflanzenanatomie, 1903, S. 98 ff.

[3]) Molisch, Über die Ablagerung von kohlensaurem Kalk im Stamme dicotyler Holzgewächse. Sitzungsber. d. mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien, Bd. LXXXIII, Nr. 13 (1881).

sofort ein und gibt Veranlassung zur falschen Kernbildung[1]), die durch die Mitwirkung von Pilzen und Bakterien zum Faulkern[2]) sich umgestalten kann.

Dieses Eingreifen von Mikroorganismen hat zur Aufstellung einer Reihe parasitärer Krankheiten geführt, die aber im wesentlichen auf Störungen im Wundheilungsprozeſs beruhen. Wir nennen in erster Linie den

Wundgummi.

Diese Krankheit ist von Prillieux als „*Gommose bacillaire*“ beschrieben und von Viala als „*Roncet*“ angesprochen worden. Die Blätter bleiben zwar grün, aber sind unregelmäſsig tief eingeschnitten und verunstaltet. Das Holz zeigt im Querschnitt schwarze Punkte und Flecke, die sich vergröſsern und seine Konsistenz lockern. Später lösen sich die Bastlagen vom Holze. An den Schnittflächen, von denen die Krankheit ausgeht, entstehen Risse, die von Saprophyten besiedelt werden, und nach 3—5 Jahren sah Prillieux den Tod des Stockes eintreten.

Die schwarzen Punkte im Holze rühren von einer gummosen Veränderung her, indem die Gefäſse und die Zellen des Holzparenchyms mit braunem Gummi, das von Bakterien (bewegliche Stäbchen) wimmelt, erfüllt sind. Die im Mai im Laboratorium vorgenommene Impfung lieſs Prillieux die charakteristischen Merkmale der Krankheit wieder erkennen, welche mit denen des „*Malnero*“ von Baccarini groſse Ähnlichkeit haben.

Viala und Foëx sowie Mangin sprachen sich im Gegensatz zu Prillieux dahin aus, daſs die geschilderten Krankheitserscheinungen durch die verschiedensten Ursachen veranlaſst werden können und auch an gesunden Stöcken nicht fehlen.

Die Meinungsdifferenz wurde durch die Arbeit von Rathay[3]) entschieden, der zunächst nachwies, daſs Gummi in ganz gesunden Reben vorkommt. Bei gesunden einjährigen Trieben von *Vitis riparia* sah Rathay aus den Gefäſsen gallertartige Fäden hervortreten, die aus Gummi bestanden. Die mit Gummi angefüllten Röhren („Gummigefäſse“) sind in Fig. 202, *1* zu sehen. Dasselbe gab die Farbenreaktionen der Pentosen. Bei *Vitis vinifera, Labrusca, Solonis, arizonica* u. a. konnte die Reaktion erst im zwei- und mehrjährigen Holze aufgefunden werden. Wo dieser Vorgang schon in jungen Reben auftrat, konnte er nicht vor Juli beobachtet werden. Das Gummi wird durch Druck hervorgepreſst. In den Wurzeln ist der Vorgang spärlicher.

An zwanzigjährigen Stöcken erkennt man, wie Rathay berichtet, daſs auch beim Wein eine normale Kernholzbildung sich endlich einstellt; nur erfolgt dieselbe unregelmäſsig, indem einzelne Stellen des inneren Splintholzes in die Veränderung eintreten und dadurch die braunen Flecke erzeugen, die Prillieux als Zeichen der *Gommose bacillaire* beschrieben

---

[1]) Tuzson, J., Anatomische und mykologische Untersuchungen über die Zersetzung und Konservierung des Rotbuchenholzes. Berlin 1905; cit. Centralbl. für Bakt. 1905, II, Bd. XV, S. 482.

[2]) Herrmann, Über die Kernbildung bei der Buche. Naturf. Ges. Danzig; cit. Bot. Centralbl 1905, Bd. XCIX.

[3]) Rathay, E., Über das Auftreten von Gummi in der Rebe und über die „Gommose bacillaire“. — Kremla, H., Über Verschiedenheiten im Aschen-, Kalk- und Magnesiagehalt von Splint-, Wund- und Wundkernholz der Rebe. Jahresber. d. k. k. önolog. u. pomolog. Lehranstalt in Klosterneuburg. Wien 1896.

hat. Prüft man nämlich eine solche fadenartig im Splintholz abwärts sich ziehende braune Stelle (Fig. 202, *3*), so sieht man die weiten Gefäfse erfüllt mit einer braunen Gummimasse und in derselben kristallinische Niederschläge von kohlensaurem Kalk (*k*); die Inhalte der um das Gefäfs gelagerten Holzparenchym- und Markstrahlzellen sind tief braun, und die benachbarten engeren Gefäfse (*t*) sind mit Thyllen ausgefüllt. Stärke war nur im Splint; an deren Stelle waren im Kernholz braune Körner, welche mit Eisenchlorid blauschwarz wurden. Gefäfsverstopfungen fanden sich nicht im Splint, sondern nur im Kernholz: sie wurden verursacht zunächst durch Thyllen, die im inneren Kernholz sogar ausschliefslich auftraten, während in dem äufseren Kernholzringe die Verstopfung durch Gummi und Kalk vorherrschte. Manchmal erwiesen sich ganze Reihen von Gefäfsen des Herbstholzes mit (meistens kohlensaurem, bisweilen oxalsaurem) Kalk erfüllt (Fig. 202, *4*). Der in den jüngsten Teilen des Kernholzes abgelagerte kohlensaure Kalk wird später wieder aufgelöst. Ebenso verschwindet der grofse Gummireichtum des Splintes bei dessen Übergang zu Kernholz.

An einer Querwunde stirbt das der Wundfläche anstofsende Gewebe mehr oder weniger tief ab. In dem darauffolgenden lebendigen Gewebe erfolgt zunächst die Gefäfsverstopfung durch Gummi, weiter abwärts durch Thyllenbildung. Dafs es die Holzparenchymzellen sind, welche das Gummi ausscheiden, geht daraus hervor, dafs die Gefäfse nur an den an diese Zellen anstofsenden Teilen Gummitröpfchen und Gummibeläge haben, während dort, wo sie an Nachbargefäfse anstofsen, das Gummi fehlt. An den Wundflächen beginnen die Veränderungen, welche das Kernholz charakterisieren, viel früher als im normalen unverletzten Stamme, gehen aber nur so weit abwärts, als eben der Wundreiz wirksam war, und ist deshalb als „Wundkernholz“, das von anderen Beobachtern als „Falscher Kern“ angesprochen wird, vom eigentlichen Kernholz zu unterscheiden. An den von der Wundfläche ausgehenden Einzelherden der Kernholzbildung, die als braune Gewebestreifen sich im Splint abwärts ziehen, findet man in der Nähe der Schnittfläche viele Bakterien, aber nicht in den tieferen Regionen. Das Krankheitsbild stimmt also mit der *Gommose bacillaire*, und diese ist deshalb nur als eine unmittelbare Folge der Verwundung älterer Stammteile aufzufassen. Dieser Wundreiz dürfte vorzugsweise auf das Protoplasma der die Gefäfse umgebenden Holzparenchymzellen wirken, sich wegen der Continuität des Protoplasmas benachbarter Zellen mithin fortpflanzen und die Holzparenchymzellen zu einer verfrühten Thyllenbildung anregen: diese Zellen altern und sterben deshalb vorzeitig ab. Mit der Thyllenbildung hört die anfänglich sehr reichliche normale Gummisekretion auf. Der beschriebene Vorgang wird bei Vergleichung der beistehenden Figuren übersichtlicher.

In Fig. 202, *2* (Alkoholpräparat aus einem zehnjährigen Aste von *Vitis riparia*) zeigt *j* die Grenze zweier Jahresringe; *m*, *m* Markstrahlen, *g* Gummigefäfse, *g'* ein ebensolches mit stark kontrahiertem Gummiinhalt. Rechts (Fig. *1*) sind zwei Gummigefäfse aus einem einjährigen Triebe von *Vitis vinifera* (blauer Trollinger) dargestellt; sie zeigen in der Mitte den kontrahierten Gummiinhalt. Von den Gefäfswandungen ist nur der innere Kontur gezeichnet. Fig. *3* ist der Querschnitt eines braunen Holzfadens aus dem Splinte eines sehr alten Rebstammes. *j*, *j*, *j*, *j* Grenzen der Jahresringe, *k* ein radialfaseriges, kristallinisches Aggregat von kohlensaurem Kalk, eingebettet in der braunen Gummimasse eines weiten

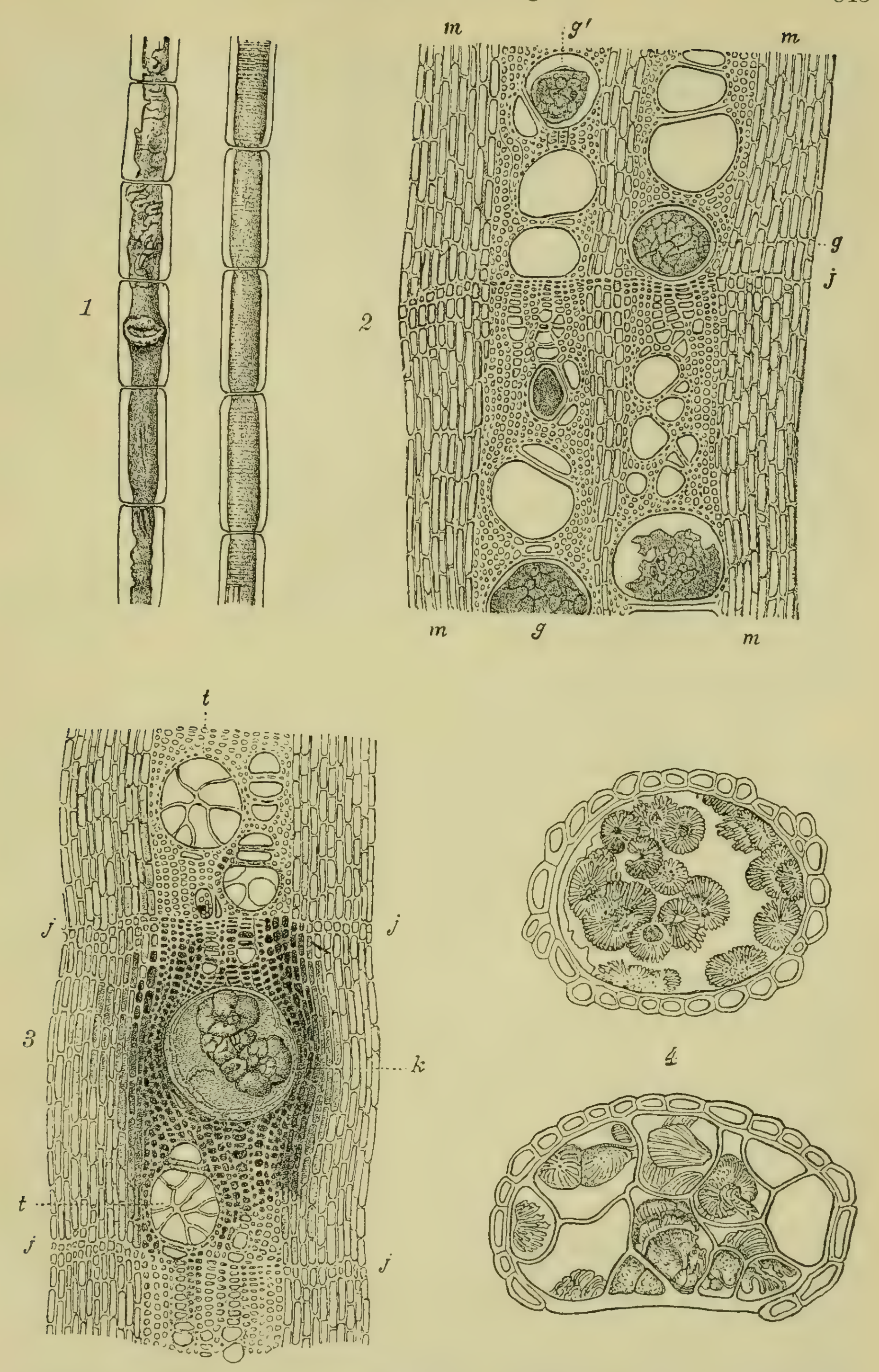


Fig. 202. Gefäſsverstopfungen bei einem an Wundfäule leidenden Weinstock. (Nach Rathay.)

Gefäfses; der Inhalt des angrenzenden Holzparenchyms, der Libriformfasern und Markstrahlzellen ist tief gebräunt, und die nächst gelegenen Gefäfse *tt* sind mit Thyllen erfüllt.

Fig. 202, *4* ist ein Gefäfs mit zugehörigen Holzparenchymzellen aus dem unter der Entgipflungswunde eines einjährigen Triebes befindlichen abgestorbenen Holzteil im Querschnitt. Es enthält neben farblosem Gummi radialstengelige Aggregate von oxalsaurem Kalk. Die untere Figur ist ein Gefäfs mit umgebendem Holzparenchym aus dem Kernholz eines sehr alten Rebstammes. Das Gefäfs ist mit Thyllen angefüllt und enthält in diesen kristallinische Aggregate von kohlensaurem Kalk (nach Rathay).

Wir haben diesen Fall hier vorgeführt, weil er als Typus für viele andere Fälle die Gummibildung als Folge des Wundreizes veranschaulicht und gleichzeitig zeigt, wie leicht Krankheiten als absolut parasitär hingestellt werden, bei denen es sich nur um die nachträgliche Ansiedlung von Wundbewohnern handelt.

Dies bezieht sich ganz besonders auf krautartige, fleischige und saftige Organe, und in dieser Beziehung ist eine Arbeit von Spieckermann [1]) hervorzuheben, der besonders darauf hinweist, wie bakterienfest eine verkorkte Membran ist, wie notwendig ein bestimmter hoher Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft und auch der Wassergehalt des Gewebes selbst, abgesehen von dessen spezifischer Empfänglichkeit, sich erweist, damit selbst von einer Wundfläche aus eine bakterielle Zersetzung sich einleiten kann.

Die Schleimflüsse der Bäume.

Im Anschlufs an das bei der „Gommose bacillaire" erwähnte Verhältnis der parasitären Besiedlung von Wundflächen erwähnen wir die Erscheinung, dafs sehr häufig bei einzelnen Exemplaren der verschiedensten Bäume eine auch im Sommer oft feucht bleibende abweichend gefärbte, meist schleimig bis gallertartig, bisweilen lehmartig aussehende Rinne bemerkbar ist.

Unserer Auffassung nach handelt es sich um ein abnormes Bluten der Stämme aus Wunden, die sich nicht schliefsen können. Molisch [2]) hat nachgewiesen, dafs bei jeder Wunde, die zu überwallen beginnt, sich ein lokaler Blutungsdruck geltend macht. Infolge der Verwundung werden das Cambium sowie die parenchymatischen Elemente des Holzes und der Rinde zu erhöhter Tätigkeit und Zellteilung angeregt. Damit verbunden ist eine solche Turgorsteigerung, dafs aus der Wunde oft unter ganz enormem Druck (bisweilen bis zu 9 Atmosphären) Wasser ausgeprefst wird.

Wenn man die Analysen des Saftes, der bei dem Tränen des Weinstocks ausfliefst [3]), zugrunde legt, so darf man in den Blutungssäften

[1]) Spieckermann, A., Beitrag zur bakteriellen Wundfäulnis der Kulturpflanzen. Landwirtsch. Jahrbücher 1902, S. 155.

[2]) Molisch, H., Über lokalen Blutungsdruck und seine Ursachen. Bot. Zeit. LX; cit. Just's Jahresber. 1902, II, S. 618.

[3]) Ravizza, F., Über das Thränen der Weinrebe usw. Staz. sperimentali 1888; cit. Biedermann's Centralbl. f. Agrik. 1888, S. 541. Nach den Untersuchungen von Neubauer und v. Canstein (Annalen der Önologie, Bd. IV, 1874, Heft 4, S. 499 ff.) enthielt der im frischen Zustande wasserhelle, neutrale, aber leicht durch Bakterienvegetation sich trübende und dann alkalisch reagierende Rebensaft (gesammelt im trocknen Jahre 1874) pro Liter 2,1204 g fester Substanz; davon waren 0,7408 g

aufser geringen Mengen organischer Substanz auch Stickstoff, Phosphorsäure und Kali als vorhanden ansehen, also eine Nährlösung voraussetzen, die zur Ansiedlung und Vermehrung von Mikroorganismen sehr gut geeignet ist. Diesen hat nun LUDWIG[1]) ein eingehendes Studium gewidmet. In einer Reihe von Veröffentlichungen beschreibt er einen Weifsen Schleimflufs bei Eichen, Birken, Salicineen u. a. durch *Leuconostoc Lagerheimii* Ludw., dem sich verschiedene Alkohol erzeugende Pilze hinzugesellen (*Saccharomyces Ludwigii* Hans. usw.). Ein bei Äpfeln, Birken, Pappeln, Rofskastanien und andern Obst- und Chausseebäumen auftretender „Brauner Schleimflufs" zeigt *Micrococcus dendroporthos* Ludw., dem sich *Torula monilioides* Cord. zugesellt. Einen „Roten Schleim" fand LUDWIG im Spätsommer auf den Stümpfen alter, gesunder Buchen und beobachtete dabei eine fädige Bakterie (Leptothrix?) und *Fusarium moschatum*. Demselben Fadenpilz begegnete er in einem gelblich-weifsen Blutungssaft von gallertartig knorpeliger Konsistenz bei der Linde und vereinzelt bei der Birke. An frischen Astwunden von Hainbuchen fand LUDWIG gegen Mitte April einen wie Milch aussehenden Schleim, der *Endomyces vernalis* Ludw. neben Alkohol erzeugender Hefe enthielt. Von tierischen Begleitern derartiger Ansiedlungen, von Bakterien und Pilzen finden wir in einer späteren Arbeit LUDWIG's[2]) Milben *(Hericia)* und Älchen *(Rhabditis)* erwähnt. Eine Liste sämtlicher Bewohner der Schleimflüsse, die nicht nur bei uns, sondern auch in den Tropen nachgewiesen worden sind, finden wir in der Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten 1899, S. 13. Es ist selbstverständlich, dafs diese Liste immer wieder ergänzt werden wird, je nachdem die einzelnen Lokalitäten spezifisch angehörenden Mikroorganismen Gelegenheit erhalten, an Blutungswunden der Bäume sich anzusiedeln.

Die genannten Organismen dürften nur insofern für die Bäume als Schädiger anzusprechen sein, als sie durch ihre Ansiedlung den Wundschlufs verzögern oder verhindern. Die erste Veranlassung der Schleimflüsse sind eben Wunden, die durch Frost, Blitzschlag, Tiere usw. veranlafst worden sind und periodische Blutungen einleiten. Sollte es wirtschaftlich notwendig sich erweisen, diese Schwächungsursachen zu heben, so könnte nur ein sorgfältiges Ausschneiden der kranken Stellen und Verschlufs der frischen Wundränder durch Anstrich mit Steinkohlenteer zu empfehlen sein.

Wurzelverletzungen.

Nachdem wir eingehend die Überwallungsvorgänge der oberirdischen Achse nach den verschiedensten Verletzungen besprochen haben, können

Mineralbestandteile und 1,3796 g organische Substanz. Eine Aschenanalyse ergab an Kali 10,494 %, Schwefelsäure 1,437 %, Eisenoxyd 0,188 %, Phosphorsäure 2,822 %, Kalk 41,293 %, Magnesia 5,534 %, Kohlensäure 34,791 %, Chlor 2,857 %, Kieselsäure 0,810 % der Rohasche. Aufserdem fanden sich ein organisches Magnesiasalz, Gummi, Zucker, weinsteinsaurer Kalk, Inosit, Bernsteinsäure, Oxalsäure und unbekannte Extraktivstoffe vor. ROTONDI und GHIZZONI (Biedermann's Centralbl. 1879, S. 527) geben neben Stärke auch Zucker an, den die NEUBAUER'schen Untersuchungen im frischen Saft nicht aufgefunden haben. Erst der eingedunstete Saft, welcher unter Abgabe von Kohlensäure und Ausscheidung von phosphorsaurem Kalk unter Gelbfärbung eine schwachsaure Reaktion annahm, zeigte alle Zuckerreaktionen.

[1]) LUDWIG, F., Der Milch- und Rotflufs der Bäume und ihre Urheber. — Über das Vorkommen des Moschuspilzes im Saftflufs der Bäume; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 1892, S. 159, 160.

[2]) LUDWIG, F., Über die Milben der Baumflüsse und das Vorkommen des *Hericia Robini* Canestrini in Deutschland. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1906, S. 137.

wir uns betreffs der Heilung von Wurzelwunden kurz fassen. Sie entsprechen denen der oberirdischen Achse und erleiden nur insofern Modifikationen, als das umgebende Medium oft störend in den Überwallungsvorgang eingreift. Bei grofser Bodenfeuchtigkeit beispielsweise ist das Stadium der Callusbildung ausgedehnter, die Umbildung des Callusgewebes zum festeren Überwallungsrand eine langsamere und die Möglichkeit einer Infektion durch holzzerstörende Pilze eine gröfsere. Diese Faktoren verlieren aber an Bedeutung, wenn die Wundfläche offen zutage tritt. Der Einflufs von Licht, Wärme und Trockenheit erleichtert dann den Wundschlufs und läfst selbst grofse Wundflächen ohne weitgreifenden Einflufs auf den Gesundheitszustand der ganzen Wurzel. Den besten Beweis liefern die vom Publikum stark besuchten Wälder in der Umgebung grofser Städte, wo die flachstreichenden starken Wurzeläste durch den Fufstritt der Besucher oberseits beständig abgeschliffen werden und trotzdem Gelegenheit finden, die Wundflächen immer noch durch Überwallungsränder zu umgrenzen. Beistehende Figur zeigt eine derartig abgetretene Wurzel, bei der nur noch die erstgebildeten Jahresringe oberseits intakt sich erweisen. Im Querschnitt ist angedeutet, dafs von der verletzten Stelle aus eine parasitäre Wundfäule nicht eingetreten ist; der untere Teil der Wurzel zeigt gesundes Holz.

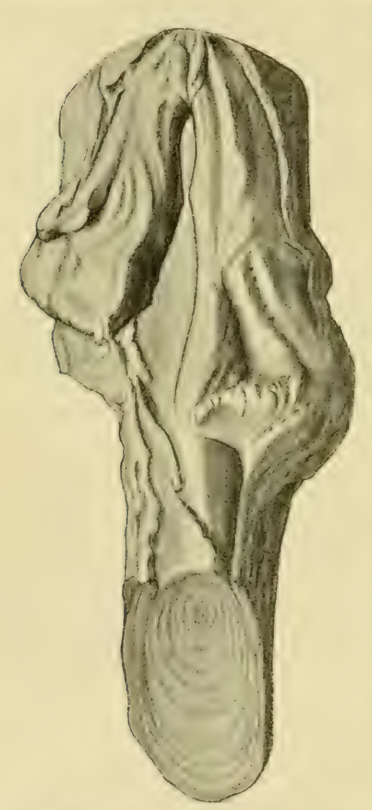


Fig. 203. Flachstreichende Erlenwurzel, durch Fufstritte abgeschliffen. (Orig.)

Am meisten Beachtung verdienen die Wunden, die bei dem Verpflanzen der Bäume entstehen. Das Verpflanzen ist eine notwendige, nicht zu umgehende Arbeit bei jedem Baumschulbetriebe; denn derselbe läuft darauf hinaus, dem Käufer Bäume zu liefern, die nach dem Transport an ihren definitiven Standort eine möglichst grofse Fähigkeit zeigen, bald wieder anzuwachsen und sich kräftig weiter zu entwickeln.

Bei dem Verpflanzen älterer Bäume mit hoch entwickelten Kronen und weitverzweigtem Wurzelwerk ist das Abhacken stärkerer Wurzeläste nicht zu umgehen, daher die Gefahr des Eintritts einer parasitären Wurzelfäule, die allmählich in den Stamm hinein sich fortsetzt, eine sehr naheliegende. Aber selbst wenn dieser Gefahr dadurch vorgebeugt wird, dafs die Hieb- oder Sägewunden sofort mit Teer bestrichen werden, bleibt das Verpflanzen alter Bäume immer eine gefährliche Operation, weil der Wurzelapparat bis zur Bildung neuer Wurzelfasern aufser Tätigkeit gesetzt wird und die Krone während dieser Zeit von dem im Holzkörper gespeicherten Wasservorrat zehren mufs. Bei der gegenseitigen Abhängigkeit der unter- und oberirdischen Achsen von-

einander[1]) ist es notwendig, dafs die Krone des verpflanzten Baumes entsprechend der Veränderung des Wurzelapparates auch zurückgeschnitten wird. Dies ist um so mehr erforderlich, je weiter der Baum schon in seiner Laubentwicklung fortgeschritten ist. Im praktischen Betriebe kommen dann noch andere, die Verdunstung der oberirdischen Teile möglichst beschränkende Hilfsmittel hinzu, wie z. B. das Einbinden der Stämme, das häufige Bespritzen der Kronen, künstliche Beschattung usw.

Bei dem Baumschulbetriebe werden die Bäume meist im laublosen Zustande verkauft; aber auch hier beansprucht der bald sich entwickelnde Laubapparat eine genügende Wasserzufuhr Dieselbe kann aber der Hauptsache nach nur durch neu sich bildende Wurzeln ermöglicht werden; deshalb ist es von der gröfsten Wichtigkeit, die Bäume so zu liefern, dafs sie schnell und reichlich neue Wurzeln bilden. Dies hängt aber von der bisherigen Erziehungsweise des Baumes und der Art des Wurzelschnittes ab. Je älter ein Wurzelast ist, desto spärlicher ist die Entwicklung neuer Faserwurzeln an der Schnittfläche, desto gröfser ist diese selbst, desto langsamer ihre Überwallung, und desto näher liegt die Gefahr des Eintritts einer Wurzelfäule, die R. Hartig[2]) für Nadel- und Laubhölzer eingehend schildert.

Daher gilt als erste Regel, die Stämme so zu erziehen, dafs lange sich weit hinziehende stärkere Wurzeläste, wie sie die Bäume bei ungestörter Entwicklung auf derselben Stelle zu bilden pflegen, möglichst vermieden werden und das Wurzelsystem in Form eines Nestes dicht beieinanderstehender, kurzer, aber reichverzweigter Äste herangezogen wird. Dies geschieht durch wiederholten Wurzelschnitt in den ersten Jahren der Entwicklung.

Man hat mehrfach die Methode empfohlen, die jungen Baumschulbäume an ihrem langen Pfahlwurzelkörper zur Vermeidung der Wundfäule beim Verpflanzen nicht zu schneiden, sondern schneckenförmig einzurollen, und auch der erfahrene Göppert[3]) steht auf dieser Seite. Tatsächlich entwickeln gekrümmte Wurzeln an ihrer Konvexseite schnell Nebenwurzeln[4]). Bei den von mir in Proskau ausgeführten Wasserkulturen der Obstbäume erlitten einzelne Sämlinge von Apfel, Birne, Kiefer, Ahorn u. a. Krümmungen der Pfahlwurzel dadurch, dafs diese den Boden der kleinen Gefäfse erreichte und einige Zeit in dieser Lage verblieb; andere Pflanzen waren bei dem Ausheben aus dem Sande an ihrer Wurzelspitze verletzt worden. Beide Arten von Sämlingen entwickelten in der Mehrzahl der Fälle viel früher Seitenwurzeln als die unverletzten, frühzeitig in gröfsere Gefäfse versetzten Versuchspflanzen. Dieser Umstand scheint allerdings als Bestätigung für diejenigen verwendbar, welche empfehlen, auch ohne Verletzung lediglich durch Krümmung der Pfahlwurzel bei dem Verpflanzen eine frühzeitige Wurzelverästelung zu erstreben. Wir können dieser Methode jedoch nicht das Wort reden; in schwerem Boden namentlich, wo wir ver-

[1]) Kny, L., On correlation in the growth of roots and shoots. (Second paper.) Annals of Botany, vol. XV, No. 60, Dez. 1901.

[2]) Hartig, R., Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelbäume und der Eiche. Berlin 1878. — Lehrbuch d. Pflanzenkrankh. III. Auflage, Berlin 1900. Springer, S. 263.

[3]) Göppert, Innere Zustände d. Bäume nach äufseren Verletzungen. Breslau 1873.

[4]) Noll, Fr., Über den bestimmenden Einflufs von Wurzelkrümmungen auf Entstehung und Anordnung der Seitenwurzeln. Landwirtsch. Jahrbücher 1900; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1902, S. 55.

suchsweise Apfelsämlinge mit gestutzten und mit unverletzten, aber spiralig eingerollten Wurzeln pflanzten, war das Herausnehmen zur zweiten Herbstverpflanzung bei den gerollten Exemplaren ungleich gefährlicher. Es wurde an den Pflanzen zur Erleichterung des Herausnehmens etwas gezogen, und hierbei zeigte sich, daſs die gerollten Exemplare an der ersten Krümmungsstelle der Wurzel sehr leicht abrissen.

Es empfiehlt sich daher, die Sämlinge gleich bei dem ersten Verpflanzen zu schneiden, so daſs sich am Wurzelhalse mehrere Wurzeläste bilden, die in der Nähe der Schnittfläche im zweiten Jahre neue Seitenachsen entwickeln.

Es wird dadurch nicht nur eine Vermehrung der Aufnahmeorgane erlangt, sondern auch die Herstellung eines die Erde zwischen seinen zahlreichen Ästen gut haltenden Wurzelballens erzielt.

Die anatomischen Veränderungen, welche bei der Verletzung jüngerer Wurzeln, namentlich aber bei Keimwurzeln, eintreten, sind zunächst von Prantl[1]) eingehend studiert worden. Er zeigte an Gemüsepflanzen (Erbsen, Pferdebohnen u. a.), daſs der Verlust der zarten Wurzelspitze durch Neubildung derselben unter Beteiligung aller Gewebesysteme vollkommen ersetzt wurde, sobald die Verletzung dicht an der Spitze der Wurzel stattfand. Schnitt er eine Keimwurzel etwas weiter hinter dem Scheitel ab, dann trat auch eine Regeneration ein; aber es beteiligten sich nicht mehr alle Gewebe, sondern nur die jugendlichen Gefäſsbündelstränge. Der Schnitt endlich, der fast ausschlieſslich in der Praxis angewendet wird, nämlich der das fertig ausgebildete Gewebe verletzende, bringt keine Regeneration der Wurzelspitze mehr zuwege, sondern es tritt Callusbildung von dem Rindenkörper her ein, wodurch die Schnittfläche überdeckt wird.

Noch umfassender und vielseitiger ist die Arbeit von Němec[2]).

Gegenüber der Annahme, daſs echte Regenerationen, bei welchen ein vom Individuum abgetrennter Teil direkt in seiner ursprünglichen Form und mit seinen ursprünglichen physiologischen Eigenschaften neugebildet wird, im Pflanzenreiche selten wären, zeigen die Versuche zunächst für die Wurzeln das Gegenteil.

Es handelt sich nur darum, daſs die Verletzung an möglichst jungen Organen stattfindet. Bei den Wurzeln bleibt die Restitution eigentlich auf die Zonen beschränkt, wo an der ganzen Wundfläche (vielleicht mit Ausnahme der Epidermis und der äuſsersten Rindenschichten) die Zellen noch meristematisch sind. Sobald sich die Zellen der äuſsersten Rindenschichten samt den zentralen Skleromreihen dem Dauerzustand nähern, beteiligen sich an der Regeneration nur noch die meristematischen, dem Pericambium anliegenden Zellschichten. Es zeigt sich ferner, daſs der Vegetationspunkt einer Wurzel, dessen meristematische Zellen äuſserlich recht gleichartig erscheinen, doch bereits eine gewisse Spezialisierung besitzt. Die Zellen sind nicht äquipotentiell und können nicht unter willkürlich veränderten Bedingungen auch veränderte Gewebe erzeugen. Solche ganz spezifischen Differenzierungen liegen in den „Statocyten“ vor. Die Beweglichkeit der Stärkekörner bei denselben setzt ganz spezifische Eigenschaften des Protoplasmas voraus;

---

[1]) Prantl, Untersuchungen über die Regeneration des Vegetationspunktes an angiospermen Wurzeln. Würzburg 1873.

[2]) Němec, B., Studien über die Regeneration. Berlin 1905, Gebr. Bornträger.

denn in verschiedenen callusartig hypertrophierten Zellen werden ebenfalls Stärkekörner gebildet, welche zuweilen noch gröfser sein können als die der Statocyten und doch unter dem Einflufs der Schwerkraft nicht leicht beweglich sind. Dafs sie dennoch spezifisch schwerer sind als das Plasma, beweist der Umstand, dafs sie unter Einwirkung einer genügend starken Zentrifugalkraft sich zentrifugal bewegen. Es mufs somit das Plasma der Statocyten ein geringes spezifisches Gewicht haben und sehr dünnflüssig sein, also sehr wenig Bestandteile von gröfserer Konsistenz enthalten. Auch entdeckte Němec eigenartige Plasmaansammlungen in den Statocyten der Wurzelhauben, die sicherlich eine besondere Reaktion vorstellen.

Wenn eine junge Wurzel nicht mehr innerhalb, sondern oberhalb ihrer Wachstumszone abgeschnitten wird, tritt keine Regeneration, sondern Substitution ein, indem neue Nebenwurzeln entstehen, von denen die der Wundfläche nächststehenden durch ihre geotropische Sensibilität veranlafst werden, mehr senkrecht abwärts zu wachsen, als sie bei unverletzter Hauptwurzel gewachsen wären. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, dafs diejenigen Bodenschichten zur Ernährung ausgenutzt werden, welche die senkrecht absteigende Hauptwurzel hätte durchqueren müssen[1]). Bisweilen tritt nach Verletzung oder Entfernung der Hauptwurzel eine Verbänderung der Nebenwurzeln ein; Lopriore[2]) vermochte diese Verbänderung künstlich hervorzurufen.

Maserige Überwallungsränder.

Es ist eine weitverbreitete Erscheinung bei der Überwallung von Wunden, dafs die Holzfasern innerhalb der Neubildung nicht überall parallel miteinander verlaufen, sondern mannigfach sich verbiegen und bisweilen schleifenartig sich krümmen. Diese Abweichungen im Faserverlauf bezeichnet man als „maseriges Holz". Den besten Einblick gestattet die umstehende Figur der ihrer Rinde beraubten Überwallungskappe eines Eichenastes. Die Eiche bietet besonders günstige Beispiele eines vollständigen Abschlusses gröfserer Wundflächen durch Überwallung, und die Üppigkeit der sich vereinigenden Wundränder bedingt dabei nicht selten, dafs z. B. bei abgesägten stärkeren Ästen das neugebildete Gewebe nicht eine ebene, sondern eine mehr oder weniger stark halbkugelig bis kugelartig vorgewölbte Fläche bildet. Bei derartigen Überwallungskappen finden sich vielfach kleine Zentren, die sogenannten Maseraugen (Fig. 203 *a*), um welche sich dann in verschiedener Windung die Holzfasern (*p*) gelagert zeigen. Unter der Bezeichnung „Maseraugen" sind aber nicht wirkliche Knospen zu verstehen, sondern nur vertiefte Gewebezentren, um welche sich schalenförmig und später geschlängelt die Holzfaser herumlagert und auf diese Weise „wimmeriges Holz" darstellt. Während da, wo wirkliche Augen entstehen, eine spiefsige, holzige Erhebung vorhanden, ist bei den Maseraugen eine aus parenchymatischem Gewebe gebildete, manchmal durch Abrunden und Auseinanderfallen der Zellen verstärkte Vertiefung zu sehen, um welche herum sich Holz von normaler Zusammen-

[1]) Bruck, W. F., Untersuchungen über den Einflufs von Aufsenbedingungen auf die Orientierung von Seitenwurzeln. Zeitschr. f. allgem. Physiologie Bd. III, 1904, Heft 4.

[2]) Lopriore, G., I caratteri anatomici delle radici nastriformi. Roma 1902. — Note sulla biologia dei processi di rigenerazione delle cormofite etc. Atti Acad. Gioenia. Catania 1906, vol. XXI.

setzung aus Holzzellen, Markstrahlzellen und Gefäfsen lagert. Abnorm nur ist die schalenförmige, an die Knollenmaser erinnernde Lagerung und das häufige Auftreten von sehr stark erweiterten, den Markflecken ähnlichen Markstrahlgebilden, welche bisweilen zu einem zweiten Zentrum sich ausbilden können.

Wir betrachten das wimmerige oder maserige Holz nur als einen extremen Fall ganz normaler Vorgänge des Ausweichens der Holzfaser, wenn sie bei ihrem Bestreben, sich in der Längsrichtung des Pflanzenteils zu lagern, auf Hindernisse stöfst. Derartige Hindernisse können in der verschiedensten Form auftreten. Jede normale Zweiganlage bildet die Ursache einer Ablenkung des Holzfaserverlaufes in der Umgebung derselben. Die bei den Rindenknollen besprochene Neubildung

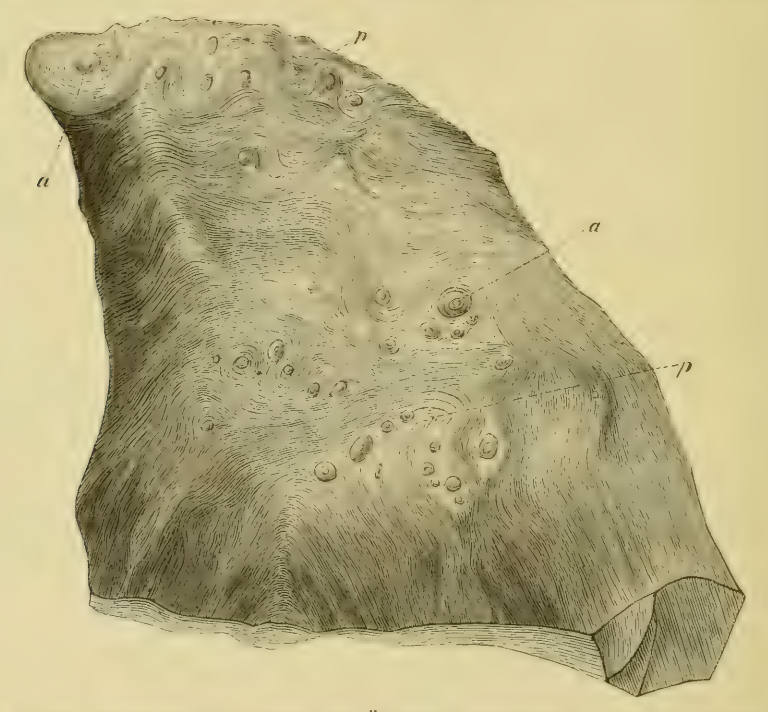


Fig. 204. Maseriger Holzbau der Überwallungskappe eines Aststumpfes der Eiche. (Orig.)

von Holzkörpern innerhalb der Rinde stellen eine weitere Ursache dar. Endlich aber finden wir die mannigfachsten Hemmungserscheinungen in der Ausbildung eines Jahresringes, hervorgerufen durch Spannungsdifferenzen in der fortwachsenden Achse. Und solche Spannungsdifferenzen sind fortwährend vorhanden und werden vielfach durch äufsere Einflusse verstärkt. Von hervorragender Bedeutung sind z. B. die Frostwirkungen, welche die Anlage von Parenchymholzbinden bedingen. Eine andere äufsere Ursache ist die Berührung einer Achse mit einer anderen. Aufser dem mechanischen Drucke sprechen die Lichtverhältnisse mit, welche Abweichungen in der Ernährung der verschiedenen Seiten des Cambiumringes bedingen. Es kommen innere Wachstumsvorgänge hinzu, wie z. B. das Vorauseilen von plötzlich

sich verbreiternden Markstrahlen, welche die Rinde höckerartig auftreiben können und dabei die benachbarten Holzlagen im Wachstum zurückbleiben lassen und dgl. Alle derartigen Störungen müssen Änderungen in den Druckverhältnissen ausüben, die der Rindengürtel in seiner Gesamtheit auf das Cambium ausübt und die Ausbildung des aus ihm hervorgehenden Holzringes beeinflussen. Wie sehr der Verlauf der Holzfaser schon im normalen Stamm durch die Druckverhältnisse beeinflufst wird, sehen wir an der spiraligen Drehung des Holzkörpers eines jeden Stammes; wie die Holzfaser aus dem longitudinalen Verlauf in eine nahezu horizontale Lagerung durch Druck gebracht werden kann, beweisen unsere Schnürungsversuche durch Umlegen eines Drahtringes um die wachsende Achse.

Es ist also der verschiedenartige Druck, den der Rindengürtel fortwährend erfährt und ausübt, welcher die Entwicklung und den Verlauf der Holzfaser bedingt. Wir brauchen daher zur Erklärung des maserigen Wundholzes nicht die Theorie von der Polarität der Zellen und dem Abstofsen der gleichnamigen Pole zu Hilfe zu nehmen, wie sie VOECHTING und MÄULE[1]) vertreten.

Rindenknollen.

Am Schlufs des Kapitels über die Wundheilungsvorgänge haben wir noch der Entstehung kugeliger, verholzter Anschwellungen oder knollenförmiger Auswüchse der Rinde an Bäumen und (seltener) krautartigen Gewächsen zu gedenken. Man pflegt diese Gebilde als „Holzknollen“ oder „Knollenmaser“ zu bezeichnen. Ihr Bau und ihre Entstehung sind verschieden und bedingen eine spätere Trennung in einzelne Gruppen. Das Gemeinsame ist ihr Charakter als korrelative Hyperplasien. Sie sind als Gegenreaktion des Organismus auf vorhergegangene Hemmungserscheinungen aufzufassen. Die Hemmung kann in einem Stillstande in der Fortentwicklung einer Knospenanlage bestehen oder, unabhängig von jeder Knospe, durch Absterben einzelner Gewebegruppen innerhalb der Rinde hervorgerufen werden. Der Tod einzelner Zellgruppen im Rindenkörper holziger Achsen ist eine weitverbreitete Erscheinung. Frost und Hitze, lokale Drucksteigerung u. dgl. vermögen Zellpartien zum Absterben zu bringen, ohne dafs der Gesamtorganismus leidet, und derselbe antwortet dann nicht selten durch verstärkte Neubildungen in der Nähe der Hemmungsherde. Je nach Zeit und Art der Störung und der Kräftigkeit der Nahrungszufuhr in der Umgebung werden die abgestorbenen Gewebegruppen bald nur von Korklagen eingekapselt, bald von Zelllagen begleitet, die längere Zeit oder dauernd in Vermehrung bleiben und nun entweder nur parenchymatische Auftreibungen hervorrufen oder die Bildung neuer Holzkörper von kugeliger Anordnung und maserigem Faserverlauf einleiten. Letzterer Vorgang steigert sich zur Entstehung selbständiger knolliger Holzkörper innerhalb der Rinde.

Über die erste Gruppe von Rindenknollen, deren Entstehung auf in ihrer Fortentwicklung gehemmte Knospenanlagen zurückgeführt wird, fehlen mir eigne Studien; infolgedessen gebe ich die Darstellung früherer

---

[1]) MÄULE, C., Der Faserverlauf im Wundholz. Bibliotheca botanica Heft 33. Erwin Naegele. Stuttgart 1896.

Autoren. Von diesen wäre zunächst Trécul[1]) zu nennen. Derselbe beschreibt einzelne Fälle (Eiche, Hainbuche) der Knollenbildung eingehend und kommt zu dem Schlusse, daſs die Knollen immer ihre Entstehung einer Knospe verdanken, die zunächst in direkter Gefäſsverbindung mit dem Holzkörper des Astes oder Stammes steht. Eine solche Knospe kann mehrere Jahre vegetieren, ohne mehr als 2 mm (wenigstens bei der Hainbuche) über die Oberfläche der Rinde hervorzutreten. Nach einigen Jahren dieses Zustandes von Lethargie kann sich der Fibrovasalkörper neu beleben, sich zu einer kugeligen oder ovalen oder selbst quergestreckten Holzknolle ausbilden.

Das Absterben der ruhenden Knospen erfolgt, wenn äuſsere Ursachen nicht beitragen, nach einer gröſseren Anzahl von Jahren von selbst, indem der Zusammenhang des in der Rinde befindlichen Knospenteils von dem im Holzkörper befindlichen dadurch aufgehoben wird, daſs sich der Holzmantel des die Knospe tragenden Zweiges zwischen beide Teile schiebt. Der mit Schuppen versehene, der Rinde aufsitzende äuſsere Teil der Knospe bleibt noch lange an seiner Stelle; er vertrocknet sehr allmählich und wird endlich abgestoſsen.

Diese ursprünglich an dem Holzkörper befestigt gewesene Knospe kann sich also loslösen durch Abreiſsen ihres Fibrovasalkörpers vom Holzkörper des Stammes. In der Regel stirbt darauf die Knospe in ihrem äuſseren, über die Rindenoberfläche hervorragenden Teile; dagegen fährt der in der Rinde jetzt isoliert liegende Knospenfibrovasalkörper fort, neue Holzlagen und eigene Rindenlagen zu bilden, ohne die Mitwirkung von Blättern: er muſs also sein plastisches Material aus der umgebenden grünen Stammrinde beziehen. Dieses Wachstum kann viele Jahre hindurch andauern: die Auſsenseite der Holzknollen kann der Zerstörung durch die äuſseren Agentien anheimfallen und trotzdessen können diese noch auf der Innenseite fortfahren, neues Holz zu bilden. Diese Knollen entstehen bei der Rotbuche sowie bei der Hainbuche aus Adventivknospen.

Die Entstehung der Knollen bei der Rotbuche aus Proventivknospen beschreibt Th. Hartig[2]). Die schwachen Basalknospen (Kleinknospen) sterben bei der Rotbuche etwa nach 20 Jahren insofern ab, als der in der Rinde befindliche Knospenstamm von dem im Holzkörper befindlichen Teile durch Zwischenlagerung einer vollkommen gleichmäſsig zusammenhängenden Holzschicht des die Knospe tragenden Zweiges getrennt wird. Der in der Rinde liegende Teil der Proventivknospe kann sich aber noch lange Zeit lebendig erhalten und, gleichsam ein parasitisches Leben führend, durch fortdauernde konzentrische Holzbildung zu jenen erbsen- bis haselnuſsgroſsen, über die Rinde hervortretenden Holzknollen heranwachsen, die üppig gewachsenen Buchenstämmen im mittleren Alter so eigentümlich sind.

Dutrochet[3]) beschreibt in seiner der damals herrschenden Knospenwurzeltheorie verwandten Anschauungsweise die knolligen Auswüchse als Knospenembryonen (*mérithalles*), die sich nicht, wie dies bei Her-

---

[1]) Trécul, Mémoire sur le developement des loupes et des broussins, envisagés au point de vue de l'accroissement en diamètre des arbres dicotyledonés. Annales des scienc. nat. 3. serie. Botanique t. XX, 1853, S. 65.

[2]) Hartig, Th., Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands, S. 176. Berlin 1852.

[3]) Observations sur la forme primitive des embryons gemmaires des arbres dicotyledonés, 1837. (Nouv. Mèm. du Mus. d'Hist. nat. IV.)

stellung der Achse normalerweise der Fall sein sollte, auf einander und zwischen einander einpfropfen, sondern die ohne Verbindung mit den übrigen Knospenembryonen und deren Gefäfssträngen bleiben, also nicht dem Achsenzylinder sich einverleiben. So lange ein solcher Embryo, eine Adventivknospenanlage, isoliert in dem anderen Gewebe verbleibt, entwickelt er kein Blatt und keine Knospe; er behält seine kugelige Form und wächst, indem er immer neue konzentrische, mit eigener Rinde versehene Holzschichten entwickelt, weiter. Legt aber dieser isolierte Holzkörper solcher Adventivknospenanlage sich endlich an den Achsenkörper an, verschwindet seine eigene Rinde durch Druck, und nun bildet der Holzknoten eine wirkliche Knospe, die Blätter entwickelt. Jetzt stellt er eine Knollenmaser dar *(loupe)*: eine Vereinigung mehrerer derartiger Knollen bildet eine Kropfmaser *(broussin)*.

Diese Anschauung weicht insofern von den früher entwickelten Ansichten ab, als hier die Knospe das Endprodukt der Knollenbildung, dort der Ausgangspunkt derselben ist. LINDLEY[1]), der die von DUTROCHET erwähnten Knollen bei Buchen, Zedern und Pappeln bespricht und bei einer Pappel[2]) auch Zweige aus ihnen hervorbrechen sah, betrachtet sie als aus Adventivknospen entstanden und zählt einen weiteren, von MANETTI erwähnten Fall bei alten Ölbäumen hierher. Bei diesen sollen die Knollen (*Gnaurs*) mit einem Stück Rinde ausgeschnitten und gepflanzt werden; diese von MANETTI als *Ovoli* bezeichneten Knollen sollen dann junge Pflanzen geben. TREVIRANUS, dem Knollen einer Zeder von MORREN zugesendet worden, bestätigt im allgemeinen den Bau der von DUTROCHET beschriebenen Knollen; er zieht in dieselbe Kategorie die Erscheinungen der isolierten Gefäfsbündel (Blattspurstränge) bei kletternden Sapindaceen, *Calycanthus floridus* und *praecox*, einigen Bignoniaceen u. a.

SCHACHT[3]) erklärt die Knollen in der Rinde der Pappel, Linde, Buche usw. für verkümmerte Zweige, die nicht in die Länge, wohl aber im Umfang gewachsen sind. Während HARTIG die erste Anlage der Knollen in ruhenden Knospen nachweist, betont RATZEBURG[4]) als Entstehungsherd derselben Buchenknollen bestimmt die Rinde und sagt ausdrücklich, dafs sie nicht bis auf den Holzkörper reichen. Ebenso erklärt ROSSMÄSSLER[5]) bei den von ihm untersuchten Knollen der Eberesche (*Sorbus aucuparia*), dafs diese nur in der Rinde sitzen und nicht mit dem Holzkörper zusammenhängen; dagegen beschreibt KOTSCHY[6]) wiederum 10—15 cm grofse Rindenknollen an den alten Stämmen der Libanonzeder als knorrige, fest in der Rinde sitzende Holzauswüchse, welche mit dem Mutterstamm durch wenige Gefäfsbündel verbunden sind. Auch MASTERS[7]) vermutet, dafs ein Teil der Knollen (*gnaurs or burrs*) bei Ulmen usw. sowie bei manchen Apfelvarietäten Haufen von Adventivknospen sind.

---

[1]) LINDLEY, Theory of Horticulture 198. Übersetzung von Treviranus 1850, S. 37.

[2]) a. a. O. S. 224.

[3]) SCHACHT, Der Baum, 1853, S. 134.

[4]) RATZEBURG, Die Standortsgewächse und Unkräuter Deutschlands und der Schweiz. Berlin 1859, S. 243, Anmerk. I.

[5]) ROSSMÄSSLER, Versuch einer anatomischen Charakteristik des Holzkörpers der deutschen Waldbäume. Tharandt. Jahrb. 1847, Bd. IV, S. 208.

[6]) KOTSCHY, Reise in den cilicischen Taurus. Gotha 1858, S. 267.

[7]) MASTERS, Vegetable Teratology 1869, S. 347.

Die Lösung der Widersprüche bringt eine Arbeit von Krick[1]), welcher feststellt, daſs die Rindenknollen (Sphaeroplasten) der Rotbuche sich sowohl im Anschluſs an Präventivknospen (Proventivknospen) entwickeln, die sich von der Holzachse des Stammes trennen oder sich selbständig in der Rinde entwickeln. Im letzteren Falle besitzen die Knollen im Zentrum einen Holz-, Kork- oder Bastkern, aber niemals echtes Mark.

Die letztere Art der Knollenbildung, die auſserhalb der primären Hartbastbündel im Rindenparenchym stattfindet, führt uns hinüber zu der zweiten Gruppe der Rindenknollen, bei der bestimmt keine Knospenanlage beteiligt ist. Hier haben wir zunächst die Untersuchungen von Gernet[2]) über die Knollenbildung bei *Sorbus aucuparia* zu erwähnen. Dieser Autor fand die toten Knollen so locker in der Rinde sitzend, daſs man sie leicht mit den Fingernägeln herausheben konnte; hingegen saſsen die lebenskräftigsten anscheinend fest im Splint. Dennoch erwiesen sie sich als „von diesem vollständig getrennte und schon durch das äuſserlich rötliche, mit dem Bastteil übereinstimmende Kolorit ihres glatten unteren Endes als möglicherweise jenem angehörige Körper". Die meisten durchschnittenen Knollen zeigten mehrere Mittelpunkte, um die sich vollständige, mit Gefäſsen und Markstrahlen versehene, in ihrer Zellenstruktur mit dem Stammholz übereinstimmende Holzlagen in 13—15 Jahresschichten angesetzt hatten. Der Verlauf der Holzlagen war maserig. Fast immer waren die Jahresringe in der dem Stamm zugewandten unteren Hälfte der Knollen breiter als in der oberen, aus dem Stamme hervorstehenden. Ein Zusammenhang mit einer Knospe lieſs sich nicht nachweisen: selbst da, wo eine Knolle dicht neben einer Kropfmaser saſs, lieſs sich kein Zusammenhang mit einem der zahlreichen Knospenkegel der letzteren erkennen.

Leider hatte Gernet noch keine Gelegenheit, die ersten Anfänge der Knollenentwicklung zu studieren; die jüngsten Stadien seines Materials waren Knöllchen von 0,5 mm, die noch vollkommen in der Rinde eingesenkt waren, ohne äuſserlich irgendeine Auftreibung veranlaſst zu haben. Sie lagen auſserhalb der Hartbastzone, waren kugelig oder ellipsoidisch und zeigten ebenfalls bereits mehrere Kerne, um die sich der Holzkörper gelagert hatte; derselbe bestand aus parenchymatisch gestalteten Zellen, in denen auf dem Längsschnitt eine Differenzierung von Markstrahlzellen kenntlich wurde. Einige mit gröſserem Lumen versehene, aber noch mit fast horizontalen, undurchbrochenen Wänden aufeinander sitzende, stärkeärmere oder auch stärkelose Zellen dürften die ersten Andeutungen von Gefäſsen darstellen. Je weiter vom Zentrum die sämtlichen Zellen entfernt waren, desto deutlicher wurde eine Verringerung ihrer radialen und eine Vermehrung ihrer tangentialen Ausdehnung bemerkbar; ihr Querschnitt näherte sich also dem des Herbstholzes. Bei älteren Knöllchen fanden sich zuerst einzelne getüpfelte Gefäſse und ein deutlich kenntlicher, zentraler, parenchymatischer, stärkereicher Kern scharf unterschieden. Der Holzkörper war rings umgeben von einer Cambiumzone und einer eigenen Rinde. In der oberen Hälfte der Knollen stellte sich bisweilen in der Innenrinde Korkbildung ein. Diese neu entstehende Korkzone vereinigt sich nicht

---

[1]) Krick, Fr., Über die Rindenknollen der Rotbuche. Bibliotheca botanica 1891, Heft 25; cit. Bot. Zeit. 1892, S. 401.

[2]) Gernet, C. v., Über die Rindenknollen von *Sorbus aucuparia*. Moskau 1860.

selten auf der Aufsenseite mit der Korkzone des Stammes. Die von solcher Korkzone (Korkdamm GERNET's) abgeschnittene Rindenpartie verliert ihr Stärkemehl, wird lufthaltig und stirbt allmählich ab, so dafs der Knollenkörper an seiner Aufsenseite totes Gewebe erhält. Das Auftreten dieser Korklagen leitet auch in der Regel den nach einigen Jahren erfolgenden Tod der Knolle ein. Die untere Hälfte derartig erkrankter sowie die der vollkommen gesundbleibenden Knollen behalten ihr lebensfähiges Rindengewebe, in welchem die Ausbildung des Bastkörpers mit der des Holzkörpers fortschreitet. Daraus ist zu schliefsen, dafs die Knolle nach unten fortwächst, wodurch ihr oberer Teil allmählich über die Oberfläche der Stammrinde hervorkommt, indem er dieselbe durchbricht.

Nach diesem Befunde kommt GERNET zu der Ansicht, dafs, wenn ihm auch die Anfangsstadien der Knollen unbekannt geblieben, er doch bestimmt einen Zusammenhang derselben mit dem Holzkörper des Stammes in Abrede stellen mufs und die Entstehung der Knollen weder von Proventiv- noch Adventivknospen herleiten kann.

Diesen Ausspruch nun kann ich nach meinen Untersuchungen an Knollen der Apfelbäume vollkommen bestätigen. Zur Untersuchung lagen mir Knollen von der Gröfse eines Hirsekorns bis zu der einer Erbse vor; dieselben stammten von der Stammbasis eines jungen, etwa 8jährigen Apfelbaumes. Die Knollen safsen in der Aufsenrinde und brachen leicht aus derselben heraus; sie waren oberseits entweder vollkommen glatt (Fig. 205, *1a*) berindet oder zeigten eine bräunliche, trockene, etwas vertiefte, rindenlose Gipfelpartie (*1k*), die von einem grünen, kreisförmigen Rindenwalle umgeben war.

Den zentralen Querschnitt einer Knolle letzterer Art stellt Fig. 205, *2* dar.

In demselben gewahren wir einen mittelständigen, aus zwei, durch wenig Parenchym getrennten Hartbastbündeln bestehenden Kern (*2b*); andere Knollen haben nur ein Bastbündel im Kern oder zwei bis drei entferntere Kerne. Um das Bündel herum lagern sich Zellen parenchymatischer Gestalt mit schwach verholzten Wandungen und strahliger Lagerung; man sieht, dafs sie unzweifelhaft nach Art der Korkzellen entstanden sind. Bisweilen findet man in der Mitte der Knollen nur eine Gruppe dickwandigen, stärkereichen oder auch stärkelosen, braunen Parenchyms ohne Hartbastzellen; doch ist dies der seltenere Fall. Endlich sieht man auch dann und wann Knollen mit einer zentralen, kleinen Höhlung, die mit braunen Zellresten angefüllt ist.

Die strahlig gelagerte, ringförmige Zone parenchymatischer, verholzter Zellen geht allmählich über in enge, derbwandigere, bereits etwas länger gestreckte, horizontal oder schräg verlaufende Holzparenchymzellen, zwischen denen kurze, weite, einfach getüpfelte Gefäfszellen eingestreut liegen (Fig. 205, *2g'*). Diese Gruppen sind bereits durch annähernd kubische, in ein bis drei Reihen gelagerte Markstrahlzellen in zahlreiche Bündelkreise geteilt. Hier schon beginnt die Erscheinung, welche sich in abwechselnden Zonen bis an die Peripherie des Holzkörpers hin fortsetzt, nämlich dafs die eine zwischen zwei Markstrahlen vorhandene Bündelpartie einen anderen Verlauf ihrer Elemente zeigt als die dicht danebenliegende. Während die Zellen und Gefäfse des einen Bündels fast ganz quer durchschnitten erscheinen (*2h''*), zeigt die danebenliegende Partie die Fasern in ihrer Längsrichtung. Diese Erscheinung, welche auch bei stark eingeschnürten und ihr Band über-

wachsenden Stämmen sich zeigt, läfst sich nur dadurch erklären, dafs die einzelnen Cambiumpartien des um den Kern sich schalig herumwölbenden Holzkörpers *gleichzeitig verschiedenem* Drucke resp. Zuge ausgesetzt sind. Da der junge Knollenkörper keine genaue Kugel-

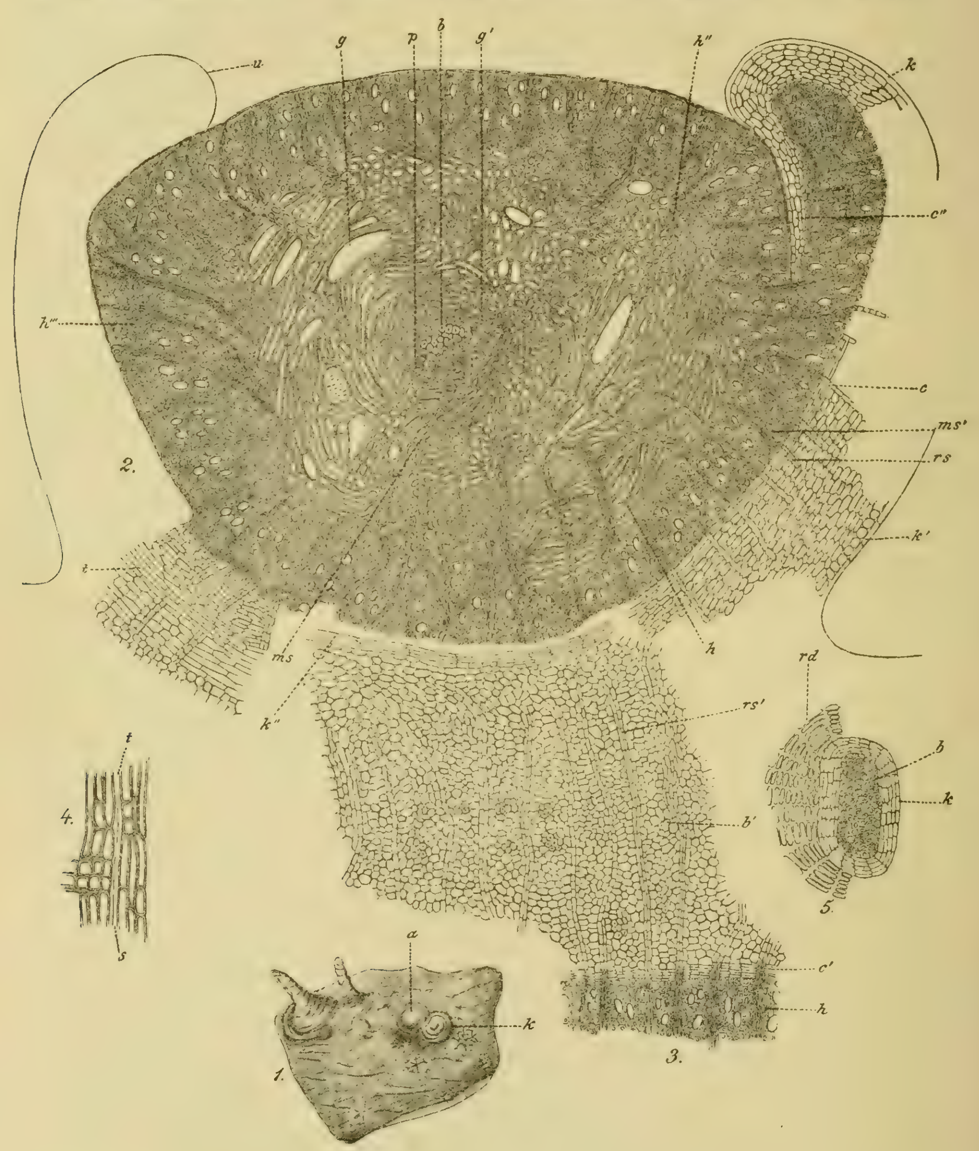


Fig. 205. Rindenknollen aus einem Apfelstamm. (Orig.)

gestalt besitzt, sondern nur annähernd kugelig ist, so strecken sich die Partien, welche die vorhandenen Kanten zu überwölben haben, in derselben Zeit stärker.

Je weiter man in dem Knollenkörper nach aufsen geht, um so enger und gestreckter und um so derbwandiger werden die Elemente,

bis sie die Länge und Gestalt und teilweis auch die Lagerung des normalen Holzkörpers annehmen.

So wie bei diesem erkennt man auch innerhalb der Knolle eine Differenzierung der Jahresringe in Frühlingsholz und Herbstholz, so daß man sieht: Die Knolle ist ein mit charakteristischen Eigenschaften der Spezies versehener, in der Rinde isolierter Holzkörper, dessen Elemente sich um einen oder mehrere gestreckte oder kurze Kernpartien nach allen Richtungen herumwölben.

Die rings um den Holzkörper sich hinziehende Cambiumzone (*2 c*) produziert alljährlich auch eine neue Rinde (*2 rs*) und leitet bei Verletzungen dieselbe Wundheilung wie an einem normalen Stammkörper ein. Eine solche Verletzung ist auch bei Fig. 204, *2* eingetreten, indem durch irgendeine äufsere Einwirkung Rinde und Splint der Gipfelpartie der Knolle entfernt worden sind; infolgedessen hat sich ein normaler, vollkommen berindeter Überwallungsrand (*2u*) gebildet, der den äufserlich kenntlichen Ringwall um den Gipfel bildet (Fig. 204, *1k*).

Der zuerst auffallende Umstand, dafs im Zentrum eines Holzkörpers sich Hartbastelemente vorfinden, führt zu dem Schlusse, dafs die Umgebung der Hartbastbündel die Stätte ist, von der die Bildung des Holzkörpers begonnen hat. Noch mehr bestärkt wird dieser Schlufs durch die Erscheinungen in der Umgebung der Knollen. Dort finden sich sehr häufig jüngere, ja bisweilen jüngste, unlängst aus der Cambiumzone herausgetretene Bastbündel, mit eigentümlichen, strahlig angeordneten Zellen umgeben (Fig. 204, *5*). In einzelnen Fällen färben sich diese tafelförmigen Zellen der „Bastumwallung" durch Jod und Schwefelsäure blau, in den meisten Fällen gelb. Man sieht daraus, dafs in der Tat die Umgebung der Hartbastbündel leicht geneigt zu einer Zellvermehrung ist.

Die Bastumwallungen aus Korkgewebe sind aber keineswegs auf die Umgebung der Maserknollen beschränkt; sie finden sich überall bei allen bisher von mir untersuchten Bäumen an einzelnen Stellen nach manchen Verletzungen. Hierbei haben aber die Zellen in der Tat stets den Charakter der Korkzellen und dienen vorzugsweise dazu, ein erkranktes Bastbündel von dem gesunden Gewebe abzugrenzen. Wer viel mit kranken Hölzern gearbeitet hat, weifs, wie empfindlich die scheinbar so resistent gebauten Bastzellen sind. An ihnen läfst sich durch die braune Färbung und das deutlichere Hervortreten ihrer Schichtung häufig die Erkrankung tiefer in das gesunde Gewebe hinein verfolgen als an dem Rindenparenchym der Umgebung.

Die Bastumwallung beginnt in der Regel in den Zellen der Bastscheide, bleibt bisweilen halbseitig oder ist wenigstens an der Aufsenseite stärker entwickelt. Ähnliche Erscheinungen, wie die Umwallung der Bastbündel finden sich auch bei einzelnen Parenchympartien, welche ohne einen bisher erkannten Grund den Kern für eine ringförmig um dieselbe sich bildende Meristemzone in der Rinde abgeben und damit ebenfalls die Entstehung der Rindenknollen einleiten. Derartige Knollen sind meist etwas regelmäfsiger gebaut, indem der Verlauf der Gewebeelemente für mehrere Jahresringe dieselbe Richtung beibehält. Man findet dann im zentralen Längsschnitt, der sich durch das Verbleiben der Markstrahlen in annähernd derselben Ebene kenntlich macht, die ringförmig gebogenen Gefäfsröhren ihrer ganzen Länge nach vom Schnitt getroffen, so dafs diese als helle konzentrische Ringpartien die dunklen, parallellaufenden Holzzellzonen unterbrechen.

Einen interessanten Beitrag und Schlüssel zur Knollenbildung liefern die Zeichnungen (Fig. 206) aus der Rinde eines gesunden, einjährigen Birnenzweiges. Wir sehen in Fig. 206, *1* den Basalteil eines sehr kräftigen, einjährigen Birnentriebes, dessen Knospen *a* nicht in der normalen Zweifünftelstellung angelegt sind; *b* ist die mitten im Internodium befindliche einseitige Anschwellung, die in Fig. 206, *5* an der tiefsten, der Zweigbasis zugewandten Stelle, in Fig. 206, *3* in der mittleren Region und in Fig. 206, *4* in der höchsten Zone quer durchschnitten dargestellt ist. In den Fig. 206, *3*, *4*, *5* bedeuten dieselben Buchstaben auch dieselben Teile; *r* Rinde des Zweiges, g^1, g^2 usw. sind die Rindengefäfsbündel in den verschiedenen Entwicklungsstadien: es zeigt sich, dafs diejenigen, welche zuerst angelegt sind, auch zuerst nach ihrem Eintritt in die Achse kleiner werden. *m* der Markkörper, *mb* die Markbrücke eines zentralen Blattspurstranges, dessen Begleitsbündel sich ungleichmäfsig entwickelt haben, *mst* Markstrahlen, *hb* Hartbastbündel, welche den zentralen Kern der in der Rinde gebildeten Holzstränge ausmachen. Fig. 206, *4 rt* ist die durch Druck getötete Rinde, welche durch die in die Achse des Zweiges eintretenden Holzstränge in den Stamm hineingeprefst worden ist. Fig. 206, *5* g^8 zeigt einen Holzstrang mit den ersten Anfängen der Umwallung; man sieht dieselbe auf der Aufsenseite bereits stärker entwickelt. Fig. 206, *3* g' ist ein Holzstrang, welcher noch nicht völlig zum Holzcylinder geschlossen ist: seine Bildung erfolgte in der Weise, dafs auf der Aufsenseite des Hartbastbündels in der Bastscheide die Zellvermehrung begann, welche die Ausbildung von Gefäfselementen und Holzzellen zur Folge hatte. Dieser einseitig entstandene Holzkörper schliefst sich durch allmähliche Verschmelzung der beiden gegeneinander wachsenden, nach innen gewendeten Ränder. Fig. 206, *5* c' die Cambiumzone eines bereits auf der Innenseite geschlossenen, an der Verschmelzungsstelle aber noch nierenförmig eingedrückten Holzstranges. Fig. 206, *2* stellt einen Teil von Fig. 206, *3* g^1 vergröfsert dar.

Man erkennt in Fig. 206, *2* eine vollkommene Übereinstimmung mit dem Zentrum der Knollenmaser vom Apfel. *hb* Hartbastkörper, *p* Holzparenchym, *g* Gefäfszellen, *x* kurze, quergeschnittene, *x'* in der Horizontalrichtung verlaufende Holzzellen der nach innen gewendeten Wölbung des Holzstranges an der Stelle, wo die beiden Ränder sich vereinigt haben. *m* die wie Fangarme verlaufenden Markstrahlreihen, *c* die rings den Strang umgebende Cambiumzone, *r* jüngstes Rindenparenchym der speziellen Strangrinde.

Die Holzstränge (Fig. 206, *5*) entstanden also an der Basis der Anschwellung durch aufsergewöhnlich reiche Ernährung der Bastscheiden; ihr Anfang liegt in ungleicher Höhe. Bei ihrer Vergröfserung pressen sie zunächst (Fig. 206, *3*) das sie voneinander trennende Gewebe der Rinde zusammen und endlich auch das vor ihnen liegende, sie bisher vom Achsencylinder trennende Gewebe, das als braune Masse im Innern des Holzkörpers (Fig. 206, *4 rt*) wiedergefunden wird. Bei dem Eintritt in den Achsencylinder ändert sich die Form der Rindenholzstränge; ihr Kern ist exzentrisch geworden und endlich an die Spitze des keilförmigen Stranges gerückt, wie Fig. 206 *4* g^1, g^2 und g^3 zeigen. Es ist also genau die umgekehrte Formveränderung von derjenigen, welche ein normales, aus dem Achsencylinder in die Rinde tretendes Gefäfsbündel erleidet.

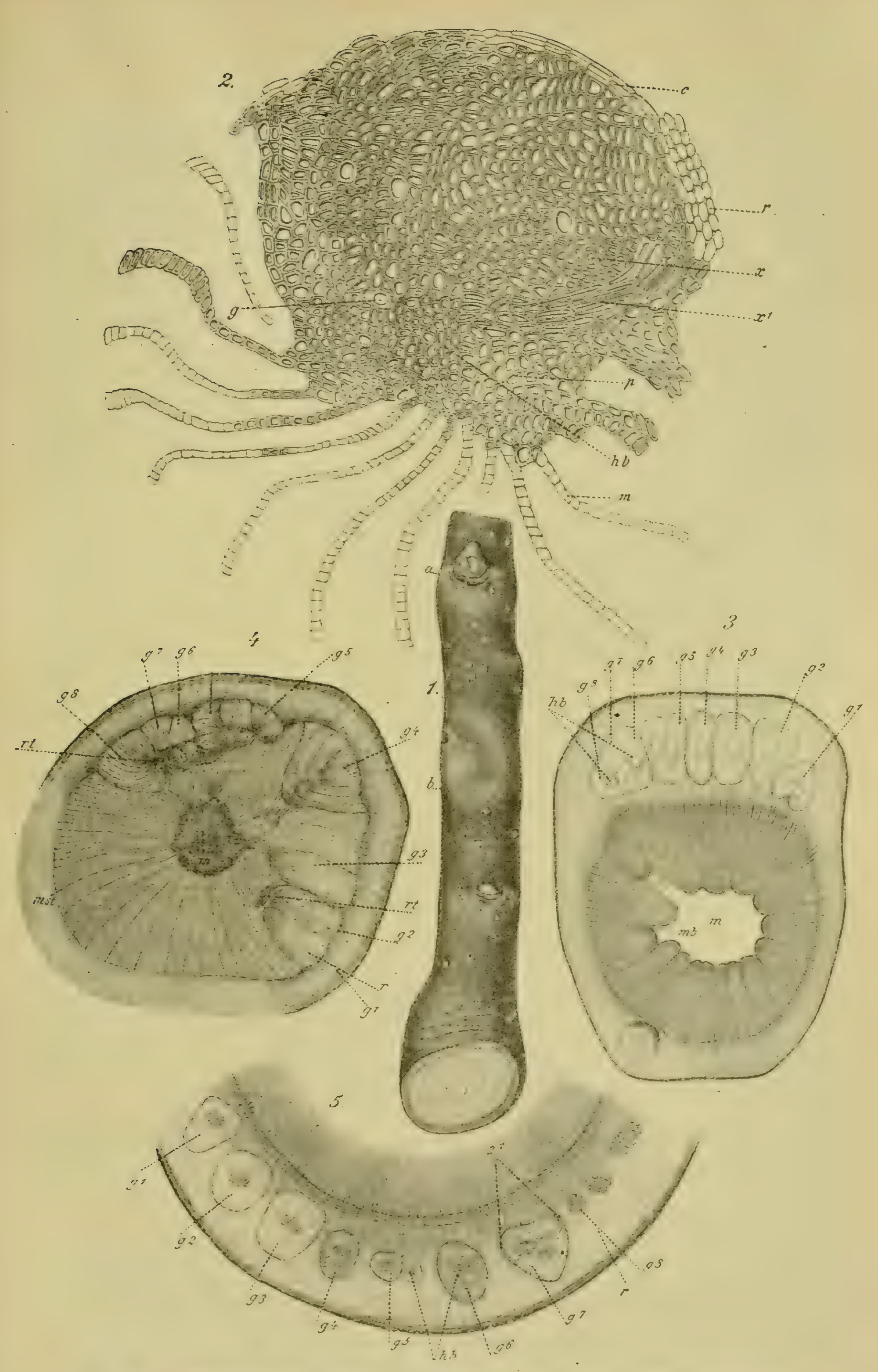


Fig. 206. Entstehung isolierter Holzkörper in der Rinde eines einjährigen Birnenzweiges. (Orig.)

Weiter aufwärts war der Zweig normal[1]).

Das Vorkommen rindenbürtiger Holzstränge legt somit die Entwicklung der Knollenmaser in folgender Weise klar. Die fertige Maser ist eine im Rindenkörper isolierte Holzkugel, deren Oberfläche von einem Cambium- und Rindenmantel gebildet ist, welcher seine Nahrung aus dem umgebenden Rindengewebe empfängt. Nach den noch zu wiederholenden Untersuchungen der oben genannten Forscher können diese Maserknollen oder Knollenmasern aus einer ruhenden Knospe sich entwickeln und daher ursprünglich im Zusammenhange mit dem Holzkörper des Zweiges stehen. In vielen Fällen entstehen sie aber auch als schalenförmige Holzumlagerungen um ein Hartbastbündel oder eine andere Rindengewebegruppe ohne Zusammenhang mit dem Holzzylinder oder einer Knospenanlage. Die Knolle wird allmählich durch Hinausrücken in die äufseren, der Borkenbildung verfallenden Rindenregionen abgestofsen; die der Knollenbildung verwandten, aber longitudinal gestreckten Holzstränge der Rinde können in den Achsenkörper hineinrücken und zum Bestandteil des normalen Holzcylinders eines Zweiges werden. Äufsere Wunden an dem Knollenkörper heilen durch Überwallung wie bei dem normalen Zweige, und es liegt kein Grund vor, zu bezweifeln, dafs aus dem Überwallungsrande sowie aus der normalen Knollenrinde sich Adventivaugen entwickeln können, wie dies bei den Ölbäumen angegeben wird.

Zu erwähnen ist noch, dafs die grofsen, kugeligen Anschwellungen, welche bei Überwallung der Ansatzstellen von *Loranthus europaeus* auf Eichenästen entstehen, auch als Maserknollen oder -köpfe angesprochen werden. Es sind nach unserer Einteilung keine eigentlichen „Masern", sondern maserige Überwallungsränder.

Als abnorme Überwallungen beschreibt Tine Tammes[2]) eigenartige zapfenförmige, meist einseitig sich lappenartig ausbreitende Fortsätze an *Fagus silvatica*. Die Untersuchung ergab, dafs es sich um Zweigstumpfe handelt, die mit maserigen, hypertrophierten Wundrändern geschlossen waren. Die Hypertrophie war dadurch veranlafst worden, dafs die Bäume sehr stark beschnitten worden waren, und deshalb Überschufs an plastischem Material an den übriggebliebenen Wachstumsherden sich eingestellt hatte.

Ein Beispiel von Rindenknollen an krautartigen Pflanzen liefert Peters durch seine Beobachtungen an *Helianthus annuus* und *Polygonum cuspidatum*[3]). Die in der Mittelrinde entstehenden Knollen sind als Reaktion der Pflanzen auf Wundreiz anzusehen. Es starben einzelne Zellgruppen in der Rinde ab und vertrockneten. Der dadurch entstehende Hohlraum umkleidet sich mit einer cambialen Zone, die nach innen Holz, nach aufsen Rindengewebe bildet.

Beispiele für die Knollenbildung an Wurzeln erwähnt bereits Th. Hartig[4]), bei Besprechung des Umstandes, dafs junge Zitterpappeln in grofser Menge an abgetriebenen Beständen auftreten, wo seit langer Zeit keine samentragenden Bäume gestanden haben. Diese kleinen

---

[1]) Über die Ähnlichkeit dieser Bildung sekundärer Holzkörper mit der bei den Sapindaceen. Vergl. Sorauer, Die Knollenmaser der Kernobstbäume. Landwirtsch. Versuchsstationen 1878.

[2]) Tine Tammes, Über eigentümlich gebildete Maserbildungen an Zweigen von *Fagus silvatica* L. Recueil des travaux bot. Neerl. No. 1. Groningen 1904.

[3]) Cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1905. S. 26.

[4]) a. a. O. S. 429.

Pflänzchen verdanken, wie TH. HARTIG erklärt, ihr Dasein der fortdauernden Vegetation der Wurzeln längst abgestorbener und oberirdisch verschwundener Aspen-Mutterbäume.

Die Basis der Wurzelbrut ist in diesen Fällen stets eine knollenförmige holzige Verdickung eines schwachen Wurzelstranges. Die Knollen selbst sind etwas Ähnliches wie die Knollen am maserigen Fufse alter Eichen oder Linden und wie die Knollen an der Rinde der Rotbuche; sie sind der holzige Stamm eines schlafenden Auges, der, vollständig individualisiert, ein parasitisches Leben auf der Wurzel der Mutterpflanze lebt „gleich dem schlafenden Auge an den amerikanischen Pinus-Arten." Durch diese Knollen werden die Aspenwurzeln am Leben erhalten, ohne dafs das ernährende Wurzelstück selbst fortwüchse. In der Regel zeigt sich das knollentragende Wurzelaststück schon wenige Zentimeter von der Ansatzstelle der Knolle abgestorben und in Fäulnis begriffen. Maserknollen an Wurzeln von *Ailanthus glandulosa* beschreibt ANDREAE [1]); sie entstehen aus Wurzel- und Sprofsanlagen.

Im Anschlufs hieran mag einer Erscheinung Erwähnung geschehen, die als Wurzelkropf der Rüben [2]) vielfach beschrieben aber noch nicht genügend aufgeklärt ist. Es zeigt sich, meist in trockenen Böden, in der Nähe des Rübenkopfes oder etwas weiter abwärts eine kugelige, mit borkiger Oberfläche versehene Geschwulst, die im Bau dem Rübenkörper ähnlich, ihrer Zusammensetzung nach aber durch gröfseren Wasser-, Asche- und Proteïngehalt von ihm abweicht. Der Gefäfsbündelkörper beweist, dafs die Geschwulst als die Ausbuchtung eines Gefäfsringes der Mutterrübe, also als eine Sprossung desselben anzusehen ist, die bei Stickstoffüberschufs wahrscheinlich durch eine Verwundung [3]) eingeleitet wird. Die Geschwulst ist nicht parasitär, wird aber wegen ihres lockeren Rindenbaues und des Gehalts an Invertzucker leicht von tierischen und pflanzlichen Feinden heimgesucht.

Blattverletzungen.

In Rücksicht darauf, dafs gerade bei Blättern und andern fleischigen Pflanzenteilen die Folgen der Verwundungen deutlicher hervortreten, wollen wir einleitend auf die Zustände aufmerksam machen, die wir als Wundreiz bezeichnen. Die erste Folge des Reizes, den jede Wunde auf den Organismus ausüben wird, dürfte in einer traumatropen Umlagerung des Protoplasmas in dem der Wundfläche zunächst liegenden Gewebe bestehen. Nach den Untersuchungen von NESTLER [4]) sammelt sich in den unverletzten Zellen das Protoplasma an der Wundseite an, und etwas später wandert auch der Zellkern dahin. Diese Reizwirkung schreitet nach rückwärts einige Zellreihen in das gesunde Gewebe hinein fort und erreicht ungefähr nach 48 Stunden ihr Maximum, worauf allmählich wieder die Rückkehr in die normale Lage mehr oder

[1]) ANDREAE, Über abnorme Wurzelanschwellungen bei *Ailanthus glandulosa*. Inauguraldissertation. Erlangen 1894

[2]) BRIEM, H., STROHMER und STIFT, Die Wurzelkropfbildung bei der Zuckerrübe. Österr.-Ungar. Z. f. Zuckerindustrie 1892, Heft 2.

[3]) GESCHWIND, Le goitre de la betterave. La sucrerie indigène. Cit. Bot. Centralbl. f. Bakt. II, 1905, S. 486.

[4]) NESTLER, A., Über die durch Wundreiz bewirkten Bewegungserscheinungen des Zellkerns und des Protoplasmas. S. Akad. Wien CVII, I, 1898.

weniger vollkommen sich einleitet. Die Umlagerung scheint im Licht schneller als im Dunkeln stattzufinden.

Ebenso erleidet der Chlorophyllapparat oftmals eine wesentliche Umlagerung[1]). Gleichzeitig ist in vielen Fällen eine Steigerung der Atmungstätigkeit bemerkbar; namentlich bei fleischigen Pflanzenteilen konnte auch eine Temperaturerhöhung nachgewiesen werden, die man als Fieberreaktion bezeichnet hat[2]). Bei verletzten Blättern soll die Kohlensäureproduktion besonders gesteigert werden, wenn dieselben arm an Kohlehydraten sind[3]). Je nach dem Grade der Verletzung treten die Reaktionen früher oder später ein. Nach Townsend[4]) zeigt sich die Wachstumsbeschleunigung bei geringen Verletzungen bereits nach 6—24 Stunden; dagegen führen schwere Verletzungen zunächst eine Hemmung herbei, bevor die Beschleunigung eintritt, die je nach der Pflanze in 12—96 Stunden ihr Maximum erreicht, um dann allmählich auf den normalen Zustand zurückzugehen. Krassnosselsky[5]) führt die Steigerung der Atmung auf eine Vermehrung der Atmungsenzyme zurück. Er geht von den Versuchen Kovchoff's aus, welche ergeben, daſs nach einer Verletzung eine Zunahme der Gesamtmenge der Eiweiſsstoffe und namentlich der Nucleoproteïde stattfindet, und weist dann (bei verletzten Zwiebeln) nach, daſs der Saft derselben mehr Oxydasen als der von nicht verwundeten Exemplaren besitzt. Ähnlich verhalten sich Kartoffeln.

Die weiteren Reaktionen der Blätter nach Verwundungen sind nun ungemein verschieden je nach der Art der Pflanze, dem Alter des Blattes und der Zeit der Verwundung. Wir begnügen uns mit der Darstellung der beiden Extreme, nämlich der Reaktion eines derben, lederartigen und eines fleischigen Blattes. In ersterer Beziehung repräsentiert *Prunus Laurocerasus* einen Fall, bei welchem, wie wir bereits bei den Folgen der Kupferbespritzungen erwähnt haben, mit der Verwundung ein Abstoſsungsprozeſs der verletzten Zellenkomplexe verbunden ist. Nach Blackman und Matthaei[7]) sterben je nach der Stelle des Blattes, wo die Verletzungen stattgefunden haben, entweder nur die betroffenen Zellen oder auch noch deren unmittelbare Umgebung ab. Es entsteht um die Wunde eine braune Zone mit einem helleren Hofe. In dieser hyalinen Region reiſst die Epidermis auf, und es wachsen aus dem benachbarten Mesophyll farblose, sehr zartwandige Zellen hervor, die kutikularisieren und einen vollständigen Verschluſs der verwundeten Blattfläche darstellen. Wenn dieser Verschluſs fertig ist, wird das tote Gewebe ausgestoſsen. Vorausgesetzt ist dabei das Vorhandensein feuchter Luft; anderenfalls bildet sich ein normales Periderm aus mehreren Zelllagen, das vollkommen ausreichend das gesunde Blattgewebe schützt.

Der zweite Fall der Heilung von Blattwunden, nämlich durch

[1]) Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. II. Aufl. 1904, 2. Bd., S. 819. Siehe auch hier die Literatur über die Wirkung des Wundreizes.

[2]) Richards, Herbert Maule, The evolution of heat by wounded plants. Annals of Bot. XI; cit. Bot. Jahresber. 1897, S. 99.

[3]) Doroféjew, N., Zur Kenntnis der Atmung verletzter Blätter. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. XX, 1902, S. 396.

[4]) Townsend, C. O., The correlation of growth under the influence of injuries; cit. Bot. Jahresber. 1897, I, S. 98.

[5]) Krassnosselsky, Bildung der Atmungsenzyme in verletzten Pflanzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1905, Bd. XXIII, S. 143.

[6]) Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1903, S. 165.

[7]) Blackman, F. F., and Matthaei, G. L., On the reaction of leaves to traumatic stimulation. Ann. Bot. XV; cit. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1902, S. 61.

Callusbildung, wird durch beistehende Figur vorgeführt. Es ist eine Schnittwunde an *Leucojum vernum*. Die Wunde war durch den zwischen den beiden Gewebelamellen *f* und *f'* liegenden Luftraum gegangen; *vvvv* sind die Ränder der Wundstelle mit den abgestorbenen Geweberesten. Der Wundraum ist nun durch die aus dem frischen Gewebe sich durch Streckung entwickelnden chlorophyllosen Calluszellen ausgefüllt, deren Wandungen verkorken. Der normale Zustand des Blattes ist auf der rechten Seite der Figur dargestellt, wo *i i* einen grofsen Luftraum bezeichnet, dessen Umgebung (*N*) durch einen Wundreiz nicht verändert worden ist; *o* ist die Oberseite, *u* die Unterseite des Blattes. Nach diesem Schema reagieren viele fleischige Blätter, deren Heilungsvorgänge aber durch nachträgliche Beteiligung des Korkbildungsprozesses mannigfach variieren. Es kann auch vollständige Vereinigung der Wundränder stattfinden, wie man dies z. B. bei Schnittflächen fleischiger Wurzeln

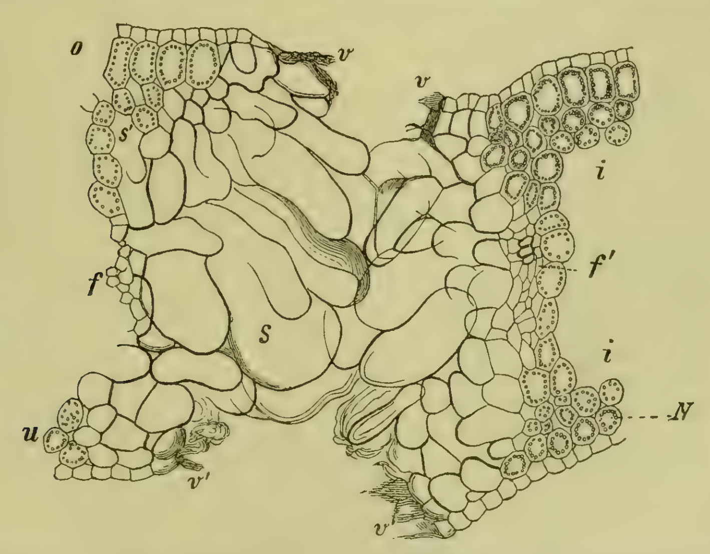


Fig. 207. Durch Callusbildung sich schliefsende Wunde eines Blattes von *Leucojum vernum*. (Nach Frank.)

und Knollen[1]) beobachten kann. Die Vereinigung kann teils durch organische Verwachsung, teils durch blofse Verkittung erfolgen, indem die angeschnittenen Zellen sich durch Quellung ihrer Wandungen in eine gummiähnliche Masse verwandeln.

Je nach dem spezifischen Charakter des Blattes, der Jugendlichkeit desselben und seiner Entfernung von Reservestoffbehältern kann dasselbe unter Umständen künstlich entfernte Teile wieder ergänzen (Restitution nach Küster) oder ein Ersatzorgan bilden (Regeneration)[2]).

Vielfach können abgelöste ganze Blätter oder Blattstücke auch neue Wurzeln und oberirdische Achsen anlegen. Diese Fähigkeit bedingt ihre Benutzung als

---

[1]) Figdor, Wilhelm, Studien über die Erscheinung der Verwachsung im Pflanzenreiche. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. Wien; cit. Bot. Zeit. 1891, Nr. 23.

[2]) Figdor, Wilhelm, Über Regeneration der Blattspreite von Scolopendrium. Bericht d. Deutsch. Bot. Ges. 1906, Bd. XXIV, Heft 1. — Figdor, Wilhelm, Über Restitutionserscheinungen an Blättern von Gesneriaceen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1907, Bd. XLIV, Heft 1.

Blattstecklinge.

Die bekannteste und am meisten angewandte Vermehrung durch Blätter ist die bei den Begonien. Bei der in den verschiedensten Spielarten vorhandenen *Begonia Rex* erscheinen nach HANSEN[1]) die mittelst Durchschneidung der Nerven am horizontal auf die Erde gelegten Blatte entstandenen Wunden alsbald durch Callus geschlossen. Es entsteht auf diese Weise ein knolliges Gewebe am Mutterblatt, aus welchem selbst oder dessen nächster Umgebung die Wurzeln zuerst hervorbrechen; später bilden sich auf diesem Gewebe auch die Sprossen aus, die aber keine eigenen Wurzeln bilden, sondern durch die vorgenannten des Überwallungswulstes weiter ernährt werden. Diese Sprossen entwickeln sich aus einer oder wenigen Zellen der Epidermis in der Nähe des durchschnittenen Blattnerven bald nahe, bald ferner von der Verwundungsstelle. In solchen Zellen entsteht zunächst eine horizontale Scheidewand und allmählich durch weitere Teilung das Meristem des jungen Sprosses, aus dem sich ein Wulst als erstes Blatt differenziert.

Die Wurzeln bilden sich seitlich aus wenigen Zellen, welche neben der cambialen Zone der Gefäfsbündel liegen. Diese somit „endogen" angelegten Wurzeln durchbrechen in kurzer Zeit das vor ihnen liegende Gewebe. Bei den Zweigstecklingen der Begonien können die Wurzeln auch aus dem Interfascicularcambium hervorgehen, wie FR. REGEL[2]) angibt. Dieser Autor, der aufser *B. Rex* mehrere andere Begonien mit rhizomartigem, niederliegendem Stengel, wie z. B. noch *B. imperialis* und *xanthina* untersucht hat, erwähnt, dafs auf der Blattspreite an eingeschnittenen Stellen die Bildung von Knospen ebenso stattfindet. Nachdem die Epidermiszellen sich geteilt, werden auch das darunter liegende Collenchym und das Grundgewebe in die Neubildung hineingezogen, und diese helfen den über das Blatt an der eingeschnittenen Stelle entstehenden Hügel von Vernarbungsgewebe bilden, welches sich von dem der Zweigstecklinge nur dadurch unterscheidet, dafs hier die Epidermis sich an der Zellvermehrung beteiligt.

Diese Epidermistätigkeit kann gleich in der ersten Zeit nach dem Einschnitt in das Blatt von ganz besonders bemerkenswerter, physiologischer Wichtigkeit werden, indem sich in der Nähe der Wundstelle einzelne Oberhautzellen haarartig strecken (Pseudo-Wurzelhaare) und zweifelsohne eine wurzelähnliche Tätigkeit entwickeln, bis echte Wurzeln sich gebildet haben.

In der beistehenden Fig. 208 sehen wir die Neubildungen an der Schnittfläche einer stärkeren Blattrippe von einer Hybride der Rex-Begonie. *A* bedeutet den alten Blattteil, *B* die entstandenen Neubildungen. Aus der Schnittfläche war zunächst ein reichliches Callusgewebe (*c*) hervorgebrochen, das zurzeit noch Spitzenwachstum seiner Zellreihen zeigt, aber durch die auftretenden parallelen Korkzellenwände andeutt, dafs es im Übergang zum Überwallungsrande ist. An der Grenze zwischen dem Callus und alten Blattgewebe bricht unterseits die endogen angelegte neue Wurzel (*w*) hervor, während oberseits sich bereits zwei neue Knospenanlagen gebildet haben. Die eine, jüngere,

---

[1]) AD. HANSEN, Vorläufige Mitteilung. Flora 1879, S. 254.

[2]) FR. REGEL, Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern usw. Jena'ische Zeitschr. f. Naturwiss. 1876, S. 477; cit. Bot. Jahresber. 1876, S. 423, 439, 452 usw.

zeigt bei *d* das meristematische, durch Teilung der ursprünglichen Epidermiszellen und des subepidermalen Gewebes entstandene Gewebe der jungen Knospe mit ihrer Epidermis (*e*). Die zweite Knospe ist früher an einem von der Schnittfläche entfernter liegenden Punkte gebildet worden und in ihrer Entwicklung schon weiter fortgeschritten. Der eigentliche Knospenkegel (*d*) ist bereits von einer weiter vorgewölbten Blattanlage (*bl*) überwölbt, in welche junge Spiralgefäfse (*f*) hineingehen. Der Gefäfsbündelring des alten Blattteils ist durch *g* angedeutet, während *t* den in die neue Wurzel abgehenden Gefäfskörper bezeichnet.

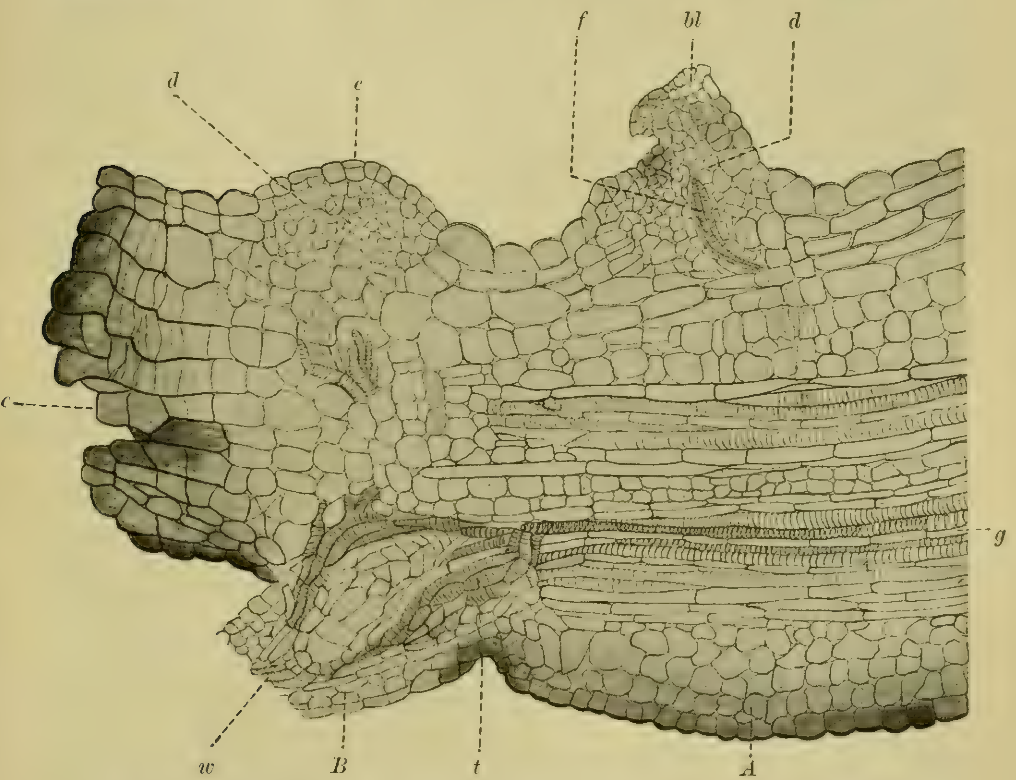


Fig. 208. Blattsteckling von einer hybriden Form der *Begonia Rex*. (Orig.)

An Stielen von Blättern der *Begonia Rex*, an denen Adventivsprosse entstanden waren, beobachtete KNY[1]), dafs die Leitbündel sich vergröfsert hatten. Das Cambium hatte seine Teilungen fortgesetzt ebenso wie das benachbarte Grundgewebe, wobei die neuen Wände zwischen benachbarten Bündeln vorwiegend parallel der Aufsenfläche des Stiels gerichtet waren. Dies wird von KNY als Anfang eines interfascicularen Cambiums angesehen, das bei weiterer Ausbildung die peripherischen Bündel zu einem Kreise zusammengeschlossen haben würde.

[1]) KNY, L., Über die Einschaltung des Blattes in das Verzweigungssystem der Pflanze. Aus „Naturw. Wochenschrift" 1904; cit. in Bot. Centralbl. (Lotsy) 1904, Nr. 50, S. 612.

Nach den mehrseitigen Beobachtungen, welche über Blattstecklinge bereits vorliegen, ist die Annahme gerechtfertigt, dafs die oben bei *Begonia* beschriebenen Vorgänge sich bei vielen Blattstecklingen vorfinden. Aus mehr oder weniger oberflächlich gelegenen Zellen entwickeln sich die Laubsprossen; aus den der Cambialzone angrenzenden Zellen entstehen die Anlagen der Wurzeln, welche entweder das alte Gewebe des Stecklings durchbrechen oder aus dem Wundvernarbungsgewebe hervorkommen. Die Unterschiede bei den einzelnen Gattungen sind meist unwesentlicher Natur, und die Meinungsverschiedenheiten der einzelnen Autoren erklären sich oft daraus, dafs dieselbe Pflanzenspezies unter verschiedenen Verhältnissen und in verschiedenem Alter, bei den einzelnen Individuen nicht immer genau dieselben Vorgänge zeigt. Aus den Untersuchungen von Beinling[1]) ist beispielsweise zu entnehmen, dafs die Gattung *Peperomia* keinen Callus bildet, sondern die Schnittfläche durch Wundkork abschliefst. Er sah übrigens die Knospen aus dem Grundparenchym des Blattstieles oder der Spreite, nicht aus der Epidermis, und immer unabhängig vom Gefäfsbündel entstehen. Dagegen beschreibt Hansen[2]) bei *Achimenes* und *Peperomia* ausführlich die Vorgänge der Wurzel- und Sprofsbildung aus dem Callus. Hier entstehen nur die ersten adventiven Wurzeln aus den bereits vorhandenen Gewebeelementen. Nachdem das Callusgewebe einige Zeit hindurch sich vermehrt hat, zeigen sich im Innern desselben zahlreiche, procambiale Stränge, die nach allen Richtungen gegen die Oberfläche hinstreichen und deren Zellen sich bald zu Tracheen umbilden, so dafs der „Callus" [3]) mit einem verzweigten System von Leitbündeln versehen wird. Bald darauf erscheinen peripherische Zellen dieses Gewebes reich mit Protoplasma angefüllt, teilen sich und erzeugen ein Meristem, das sich wie bei den normalen Vegetationspunkten gliedert und namentlich deutlich bald eine Epidermis erkennen läfst.

Bei den Blattstecklingen der Monocotylen sind die Vorgänge der Knospenbildung wie bei den Dicotylen. Magnus[4]) beschreibt Blattstecklinge von Hyacinthen. Aus der Bauchseite bilden sich an der Schnittfläche zahlreiche Adventivknospen, die, falls das Blattstück noch jung war, aus einer Epidermiszelle oder bei älteren Blattstücken aus dem darunterliegenden Parenchym entstehen. Aus den sich teilenden Gewebezellen formen sich zunächst zarte Gewebehöcker, die mit diver-

[1]) Beinling, E., Untersuchungen über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von Peperomia. Inauguraldissertation. Breslau 1878, S. 23.

[2]) Hansen, Ad., Über Adventivbildungen. Sitzungsber. d. phys.-med. Soc. zu Erlangen vom 14. Juni 1880; cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 1001.

[3]) Es bietet sich hier Gelegenheit, darauf aufmerksam zu machen, dafs die Autoren zwei verschiedene Zustände mit dem Namen „Callus" bezeichnen.

Callus wird dasjenige Gewebe genannt, das aus den ersten Zellteilungen hervorgeht, einige Zeit hindurch reihenweise Anordnung besitzt, namentlich an der Spitze der Zellreihen fortwächst und ohne alle Differenzierung ist.

Zweitens verstehen darunter die Autoren nach dem Gebrauche in der Praxis aber auch das aus dem Callus durch Entstehung einer Korkzone, Anlage innerer Meristemherde und Ausscheidung eines Grundgewebes differenzierte Gebilde, das schon dem Gewebeteil ähnlich geworden, aus dessen Wunde es entstanden ist. Von diesen Dauerzuständen sind aber die durch Spitzenwachstum ausgezeichneten Jugendzustände zu trennen, und ich schlage deshalb die Bezeichnung „Callus" nur für diese Erstlingsbildungen vor, während die späteren Zustände als „Vernarbungsgewebe" angeführt werden können.

[4]) Magnus, Hyacinthenblätter als Stecklinge. Sitzungsber. d. Ges. naturforsch. Freunde vom 16. Juli 1878; cit. Bot. Zeit. 1878, S. 765.

gierenden, dichotom sich teilenden Zellreihen am Scheitel weiter wachsen (also wirklicher Callus). An weiter entwickelten Höckern tritt ein ringförmiger Wall auf, der zum ersten scheidenförmigen Blatte der Adventivknospe auswächst, während der eingeschlossene Scheitel derselben noch das Wachstum mit divergierenden Zellreihen zeigt. Auch an den Zwiebelschalen von *Lilium tigrinum* und *auratum* bilden sich die Knospen am äufsersten Rande der Innenseite; die auf der Aufsenseite aus der Bastregion der Gefäfsbündel entspringenden Würzelchen leben nur kurze Zeit, da die junge Pflanze alsbald selbständig Wurzeln macht.

Die Vorgänge der Knospenbildung an den Blattstecklingen unterscheiden sich auch nicht wesentlich von der freiwilligen Entstehung von Knospen auf unverletzten, an der Pflanze befindlichen Blättern. Beispiele sind zahlreich bekannt geworden[1]; sie sind bei Moosen und Farnen[2], bei Lilien und anderen Monocotylen, am zahlreichsten bei Dicotyledonen, beobachtet worden. Für letztere namentlich stellte Beijerinck als Gesetz auf, dafs die Gefäfsbündel des Blattes einen Einflufs auf die Anlage der adventiven Organe haben. Da, wo der Holzteil der Gefäfsbündel nach der Blattoberseite gekehrt ist, finden sich die Adventivknospen immer auf dieser Oberseite; sie stehen in den Achseln der Nerven und sind meist um so stärker entwickelt, je dicker die Gefäfsbündel sind. Die Wurzeln entspringen aus der Bastseite der Gefäfsbündel.

Regel[3]) gibt eine Aufzählung der Pflanzen, an denen blattbürtige Knospen beobachtet worden sind. Da die Knospen nach ihrer sorgfältigen Ablösung eigene Wurzeln austreiben und deshalb für die gärtnerische Vermehrung von Wichtigkeit sind, mögen einige Beispiele hier genannt werden. Aufser dem bekannten, von Berge[4]) studierten *Bryophyllum calycinum*, dessen Einschnitte zwischen zwei Kerbzähnen der Blätter ein meristematisches Gewebe schon in ganz jungem Zustande besitzen und aus diesem Meristem alsbald Knospen entwickeln, sind noch folgende Arten bemerkenswert: *Hyacinthus Pauzolsii*, *Fritillaria imperialis, Ornithogalum thyrsoides, Drimia, Malaxis, Cardamine, Nasturtium*, *Brassica oleracea, Ranunculus bulbosus, Chelidonium majus, Levisticum offic.*, *Utricularia*, *Begonia quadricolor*, *phyllomaniaca*[5]). Hansen[6]) nennt noch *Hippuris*, *Elodea canadensis* und andere Wasser- und Sumpfpflanzen. Caspary[7]) erwähnt *Nymphaea micrantha* und deren Bastarde. Letzterer Autor führt auch Beispiele auf, bei denen sich statt des Blattapparates eine Blüte entwickelte. So war der Blattstiel einer Gurke (*Cucumis sativus*) auf seiner Oberseite mit mehr als 120 männlichen Blumen bedeckt, ohne dafs sich ein vegetatives Blatt gezeigt hätte.

---

[1]) Beijerinck, M. W., Over het ontstaan van Knoppen en wortels uit bladen. Nederl. Kruidkund. Archief. Serie II, Deel III, S. 438—493; cit. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 17, S. 112.

[2]) Farlow, Bot. Zeit. 1874, S. 180. — Cramer, Geschlechtslose Vermehrung des Farnprothalliums, namentlich durch Gemmen resp. Konidien. Denkschr. d. Schweiz. Naturforsch. Ges. XXVIII, 1880.

[3]) a. a. O. S 452.

[4]) Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von *Bryophyllum calycinum*. Zürich 1877; cit. Bot. Jahresber. IV, S. 423.

[5]) Mohl, Über die Cambiumschicht des Stammes der Phanerogamen und ihr Verhältnis zum Dickenwachstum desselben. Bot. Zeit. 1858, S. 196.

[6]) a. a. O. S. 1002.

[7]) Caspary, Blütensprosse auf Blättern. Schriften d. phys.-ökonom. Gesellsch. XV, 1874, S. 99.

Das Gelingen der Vermehrung durch Blattstecklinge wird aufser von der Pflanzenspezies auch von der Blattindividualität abhängen. Ganz jugendliche Blätter werden wegen der Unfertigkeit ihrer Gewebesysteme, sehr alte wegen ihrer geringen Lebensenergie und Abreifung ihres Chlorophyllapparates auszuschliefsen sein.

Bei solchen Gattungen, deren Blätter überhaupt zu Stecklingen benutzbar sind, sollen die daraus hervorgehenden Pflanzen nach LINDEMUTH's[1]) Beobachtungen durchschnittlich kräftiger werden als die aus Sprofsstecklingen. Sobald ein Blatt einige Wurzeln getrieben hat, ist es schon als ein neues Individuum zu betrachten, auch wenn es nicht einen Sprofs zu entwickeln imstande ist. Es geht dies aus der gröfseren Langlebigkeit der Blätter gegenüber unbewurzelten hervor, und GOEBEL[2]) konnte auch noch ein vermehrtes Dickenwachstum (bei *Bryophyllum*) nachweisen. Dafs bei Blattstecklingen an Stelle eines Laubtriebes sogar direkt ein Blütensprofs gebildet werden kann, beobachtete auch LINDEMUTH an einer Begonie. Dieser Umstand würde darauf hindeuten, dafs die Blätter in verschiedenen Lebensaltern und Stellungen an der Achse verschiedene Assimilationsprodukte liefern; meist werden die Assimilate die am Blattsteckling entstehenden Knospen nur zu Laubsprossen befähigen, manchmal aber diejenige Konzentration besitzen, dafs eine Blütenknospe angelegt werden kann.

Statt der Blattstücke bedient man sich in der Praxis bisweilen auch des Blattstiels zu Stecklingen, falls das Blatt selbst zu zart ist. Ein neueres Beispiel ist die Vermehrung der als Winterblüher hochgeschätzten Kulturform von *Begonia semperflorens*, die als Gloire de Lorraine im Handel ist[3]). Es werden hier im Februar die kräftigsten Blätter scharf am Stengel abgelöst und mit dem Stiel 1—2 cm tief in Sand mit Torfmull gesteckt. Bei einer Temperatur von 18—22° C machen diese Blattstiele bis walnufsgrofse Wurzelballen. Andere Begonien, wie z. B. die *Rex*-Formen, machen zwar auch aus dem Blattstiel Wurzeln, aber wohl kaum jemals kräftige Knospen. Ebenso verhalten sich Blattstiele von Kohl, Sellerie und anderen fleischigen Pflanzen.

Blütenstiele sind bei *Primula sinensis* mit Erfolg als Stecklinge benutzt worden. Bei derselben Pflanze verwendete CRAMER[4]) verlaubte Blüten, bei denen Knospen in der Achsel der Fruchtblätter entstanden waren. Dafs auch Früchte selbst als Stecklinge benutzt werden können, zeigt ein Fall, den BAILLON beobachtete; hier brachen Wurzeln aus einer Kaktusfrucht hervor[5]). Derselbe Forscher durchschnitt auch den Fruchtknoten der *Jussieua salicifolia*, welcher ungefähr in der Mitte zwei Blättchen hat, während und nach dem Aufblühen quer über der Basis, so dafs man innen die Eichen sehen konnte, und setzte diese Stecklinge in einen Topf. Nach drei Wochen wurden die reichbewurzelten Stecklinge verpflanzt. Im Winkel eines jeden der Fruchtknotenblätter erschien ein kleiner Zweig mit Schuppen. Die oberen

---

[1]) LINDEMUTH, H., Weitere Mitteilungen über regenerative Wurzel- und Sprofsbildung auf Laubblättern (Blattstecklingen). Gartenflora 1903, S. 619.
[2]) Flora 1903, S. 133.
[3]) KIRST, Vermehrung der Begonie „Gloire de Lorraine". Prakt. Ratgeber im Obst- u. Gartenbau 1906, Nr. 5
[4]) Bildungsabweichungen, S. 37.
[5]) Vegetable Teratologie, S. 160.

Blumenteile starben ab, und es bildete sich eine ringförmige Narbe[1]). Irmisch beschreibt Wurzelbildung an Cotyledonen von *Bunium creticum* und *Carum Bulbocastanum*[2]). Verfasser sah solche bei abgebrochenen Cotyledonen von Bohnen (*Phaseolus vulgaris*). Carrière fand Wurzeln an Früchten von *Lilium lancifolium*. Beinling[3]) sah Blütenstiele von *Echeveria* im feuchten Sande mit Wurzeln versehen.

Hildebrand[4]) beschreibt eine Frucht von *Opuntia Ficus indica*, aus der eine zweite hervorgesprofst war; beide Früchte entwickelten nach ihrer Ablösung Laubsprosse; dasselbe geschah bei Blütenknospen von *Opuntia Raffinesquiana*. Es dürfte somit jedes Pflanzenorgan befähigt sein, durch Anlage adventiver Augen Laubsprossen zu entwickeln, vorausgesetzt, dafs es erstens Reservestoffe genügend zur Verfügung hat, um längere Zeit hindurch getrennt von der Mutterpflanze leben zu können, und zweitens, dafs die äufseren Bedingungen sich günstig erweisen. Weitere Ausführungen mit den Ansichten von Klebs, Goebel u. a. bringt eine Zusammenstellung von Magnus[5]).

Beschädigung des Laubapparates.

Die Folgen einer teilweisen oder gänzlichen Entlaubung müssen natürlich in der Menge der produzierten Trockensubstanz zum Ausdruck kommen. Der Effekt ist verschieden je nach Menge und Alter der entfernten Blätter und je nach der Möglichkeit eines Ersatzes des fehlenden Laubapparates aus vorhandenen Knospen und dem in der Achse gespeicherten Reservematerial für deren Entfaltung.

Betreffs der Waldbäume bringen die Jahrbücher für Forstwirtschaft genügende Beispiele, auf die hier darum nicht näher eingegangen zu werden braucht, da jeder Einzelfall besonders beurteilt werden mufs. Bei den zahlreichen Beschädigungen durch Raupen hängt beispielsweise die Gröfse der Beschädigung von der Frafszeit und Frafsdauer ab. Verwiesen sei in dieser Beziehung auf die Angaben von Ratzeburg[6]), der den Einflufs der Entnadelung auf die Jahresringbildung bei Fichten und Kiefern eingehend bespricht und später auch die Laubhölzer behandelt[7]). Dafs auch der anatomische Bau eines nach starker Entnadelung entstehenden Holzringes geändert (viel zarter) wird, zeigen die Untersuchungen von Cieslar[8]). Unter Umständen können in dem nach der Entlaubung erfolgenden Zuwachs die Gefäfse gänzlich fehlen[9]). Schon Hartig[10]) hatte nachgewiesen, dafs mit Verringerung der Blattmenge eine Verminderung der Gefäfszahl Hand in Hand geht. Dafs

---

[1]) Bot. Zeit. 1865, S. 527, aus Adansonia t. I, S. 181.

[2]) Flora 1858, S. 32, 42.

[3]) Beinling, Untersuchungen über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von Peperomia. Inaug.-Diss. Breslau 1878.

[4]) Hildebrand, F., Über Bildung von Laubsprossen aus Blütensprossen von *Opuntia*. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1888, Bd. VI, S. 109.

[5]) Magnus, Werner, Regenerationserscheinungen bei Pflanzen. Naturwissensch. Wochenschrift 1906, Nr. 40.

[6]) Ratzeburg, Waldverderbnis. I. S. 160, 234 u. a.

[7]) A. a. O. II. S. 154, 190, 233.

[8]) Cieslar, A., Über den Einflufs verschiedenartiger Entnadelung auf Gröfse und Form des Zuwachses der Schwarzföhre. Cit. Just's Jahresber. 1900, II S. 279.

[9]) Lutz, K. G., Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Ber. D. Bot. Ges. 1895, S. 185.

[10]) Hartig, R., Über Dickenwachstum und Jahrringbildung. Cit. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 1892. S. 292.

unter Umständen doppelte Jahresringe entstehen können, hat Kny[1]) bereits erwähnt. Wieler[2]) zeigt durch Versuche, daſs man durch Verschiebungen in der Ernährung die Grenzen zwischen Frühlings- und Herbstholz ganz verwischen könne.

Derartige Folgen werden auch bei den Obstbäumen eintreten und häufig in der Fruchternte zum Ausdruck kommen. Nur in wenigen Fällen kann eine teilweise Laubentfernung sich wirtschaftlich empfehlenswert erweisen, wie z. B. beim Weinstock, wenn derselbe beständig neue Laubtriebe produziert, welche die zur Ausbildung der Trauben nötige Nahrungszufuhr für sich beanspruchen.

Von den ein- und zweijährigen Kulturpflanzen kommen besonders die Rüben in Betracht, weil man in Jahren der Futternot im Laufe des Sommers die älteren Blätter abbricht und zu Viehfutter verwendet. Daſs der Rübenkörper dadurch veranlaſst wird, mehr wie sonst neues Laub zu bilden, und daſs dadurch die Speicherung der Reservestoffe leidet, beweist ein Beispiel aus Böhmen[3]). Hier zeigte sich, daſs nach der Entblattung nicht nur der Rübenkörper selbst kleiner blieb, sondern daſs namentlich der Zuckergehalt um 10 % geringer als bei den unversehrt gelassenen Rüben war. Gleichlautende Resultate erzielte Aderhold[4]) bei seinen Versuchen mit Rüben und Getreide. Bei letzterem zeigte sich, daſs besonders die Ährenlänge, abgesehen von der Reduktion der gesamten Erntemasse, stark beinfluſst wurde.

Indes darf man mit seinen Befürchtungen auch nicht zu weit gehen und geringfügige Verluste an Blattsubstanz zu hoch bewerten, wie dies neuerdings von seiten mancher Pathologen bei Abschätzung von Schäden durch Pilzbefall in die Erscheinung tritt. Man darf nämlich nicht vergessen, daſs bei noch kräftig vegetierenden Blättern, die einen Teil ihrer Lamina verloren haben, der zurückbleibende Teil zu e r h ö h t e r Arbeitsleistung angeregt wird, wie ich durch Versuche nachgewiesen habe[5]). Boirivant[6]) fand sogar, daſs nach Entfernung der Blattspreiten sich die Blattstiele und Stengel in höherem Maſse als bisher an der Assimilation beteiligen, und daſs ihr parenchymatisches Gewebe in Streckung und Vermehrung eintreten kann.

---

[1]) Verhandl. d. Bot. V. d. Prov. Brandenburg 1879.

[2]) Wieler, A., Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. Tharander forstl. Jahrb. 1892 Bd. 42.

[3]) Blätter f. Zuckerrübenbau. 1905 Nr. 20.

[4]) Aderhold, R., Über die durch teilweise Zerstörung des Blattwerkes der Pflanze zugefügten Schäden. Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz. III. Jahrg. 1905 Heft 2.

[5]) Sorauer, P., Studien über Verdunstung. Forsch. a. d. Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. III. Heft 4/5. Rp. S. 109.

[6]) Boirivant, A., Sur le tissu assimilateur des tiges privées de feuilles. Just's Bot. Jahresb. 1898, II S. 231.

Nachträge.

Zu Seite 308. Neuere Untersuchungen über die Chlorose liegen von Molz (Die Chlorose der Reben, Jena 1907, G. Fischer) vor. In Bestätigung der von uns geäufserten Ansicht ist hauptsächlich bei den Reben Sauerstoffmangel für die Wurzeln als Ursache zu betrachten. Am gefährdetsten sind daher tiefe Lagen, in denen sich das von den Hängen abfliefsende Wasser sammeln kann. In schweren Böden leidet darunter die Ausbildung des Wurzelsystems. Der Kalk allein erzeugt keine Chlorose, aber, da kalkreiche Böden auch öfter sehr feinkörnig sind und eine alkalische Reaktion hervorbringen können, so bieten sie besonders leicht Gelegenheit zum Absterben der Wurzeln. Darum kann man von einer Kalk-Chlorose sprechen. Aber auch anhaltende Trockenheit sowie Wärmemangel vermögen Chlorose zu erzeugen. Sehr beachtenswert ist die Ansicht des Verf., dafs die krankhafte Konstitution einer chlorotischen Pflanze sich durch Steckholz übertragen lassen wird. Diesen Stecklingen kann entweder von Anfang an die Krankheit inhärieren oder es können „gewisse nachteilige Einwirkungen von aufsen infolge einer übernommenen starken Prädisposition das ikterische Phänomen und dessen Folgezustände entstehen lassen". Durch Eisensulfat kann eine dauernde Heilung nicht herbeigeführt werden; es werden im besten Falle nur die Symptome beseitigt, und es ist wahrscheinlich, dafs das Ergrünen der Blätter nicht durch das Eisen, sondern die Schwefelsäure veranlafst wird.

Zu Seite 335. Molz beobachtete Wassersucht bei Rebenstecklingen (Bericht der Kgl. Lehranstalt zu Geisenheim a. Rhein, 1906). Die Stecklinge hatten längere Zeit auf feuchtem Boden gestanden. Sie zeigten sich an einzelnen Stellen tonnenartig angeschwollen, wobei die äufseren Gewebeschichten der Länge nach aufrissen. In dem klaffenden Spalt wurde ein meist weifses, schwammiges Gewebe sichtbar, das aus hypertrophierten Rindenzellen bestand. Molz hält die Krankheit, die in feuchten Weinbergen nicht selten ist, für identisch mit der von Sorauer beschriebenen Wassersucht bei *Ribes aureum*.

Zu Seite 345. Auf den einjährigen Trieben von *Vitis vinifera* findet man schwarze Flecke, die etwas erhaben erscheinen. Molz (Centralblatt f. Bakt., II. Bd., XX, 1908, Nr. 8/9) beschreibt dieselben als kleine, runde Höckerchen von stumpf-kegelförmiger Gestalt („Rindenwarzen"), die als Ersatz für die bei *Vitis vinifera* fehlenden Lenticellen anzusehen sind. Sie tragen auf ihrem Gipfel je eine Spaltöffnung, die ziemlich früh vertrocknet. Dieses Vertrocknen greift auf die benachbarten Zellgruppen über und schreitet so lange weiter fort, bis ihm durch Bildung einer Schutzkorkschicht Einhalt getan wird.

Je kräftiger und besser ernährt das Gewebe ist, desto schneller wird der Schutzkork entstehen. Schlecht ernährte Triebe erzeugen keinen Schutzkork, und daher werden auf diesen die Rindenwarzen besonders grofs und zahlreich. Diese schwarzen Flecke geben also einen Mafsstab für den Grad der Holzreife und Gesundheit der Rebe; je zahlreicher und gröfser sie sind, desto weniger ist im allgemeinen das Holz ausgereift.

Zu Seite 378. In Geisenheim beobachtete JULIE JÄGER eine Kropfmaserbildung am Apfelbaum (Zeitschr. f. Pflanzenkrankh., 1908). Die Ursache ist noch nicht genügend festgestellt, ist aber wahrscheinlich in einer Ernährungsstörung zu suchen, die sich in einer Erweiterung der Markstrahlen ausspricht. Einzelne Markstrahlen zeigen schon bei ihrer Anlage eine gröfsere Zellvermehrung und Erweiterung der einzelnen Zellen. Der Vorgang schliefst sich an die von uns beschriebene Bildung von Maserspiefsen aus Markstrahlwucherungen bei *Ribes nigrum* und *Pirus Malus chinensis* an.

Zu Seite 391 und 395. Eisenfleckigkeit der Kartoffeln ist im nassen Jahre 1907 ungemein verbreitet gewesen und damit vergesellschaftet eine gelbe bis braune Verfärbung im Gefäfsbündelringe aufgetreten. Diese Verfärbung in Gemeinschaft mit einer häufigen Erkrankung des Nabelendes, bei der bisweilen ein *Fusarium* beteiligt war, hat APPEL bewogen, die sogenannte Blattrollkrankheit, eine Form der Kräuselkrankheit, als Pilzepidemie zu erklären. APPEL behauptet, das am Nabelende zu findende *Fusarium* wüchse während des Winters durch den Gefäfsbündelring in die Augen der Knolle und verursache im nächsten Jahre ein erhöhtes Auftreten der Krankheit und allmählichen Abbau der Kartoffeln. Die gleiche Theorie ist von REINKE und HALLIER aufgestellt worden; nur haben die genannten Beobachter andere Pilze dafür verantwortlich gemacht. SORAUER weist nun (Internationaler phytopathol. Dienst, Stück 2, 1908) nach, dafs das *Fusarium* zwar mehrfach zu finden sei, dafs aber ebenso oft auch andere Schimmelpilze vorkämen, sämtliche Pilze aber niemals im Gefäfsbündelringe der Knolle bis in die Augen weiterwachsend beobachtet werden konnten. Von einer Pilzkrankheit und deren Übertragung durch die Knollen in das nächste Jahr hinein sei nicht die Rede. Die Verfärbungserscheinungen in der Knolle seien vielmehr durch Steigerung von Enzymen zu erklären, welche Professor GRÜSS am Nabelende besonders angehäuft nachgewiesen habe. Infolgedessen sei relativ grofser Zuckerreichtum vorhanden, der für zahlreiche Mikroorganismen einen besonders günstigen Mutterboden schaffe.

Zu Seite 496. Der Einflufs der Elektrizität auf das Pflanzenwachstum wurde in der Hatch-Versuchsstation des Massachusetts Agric. College (cit. Z. f. Pflanzenkrankh., 1908) geprüft. Als Versuchspflanze diente *Raphanus sativus*, der eine Wachstumsbeschleunigung und Gewichtszunahme an Blattwerk und Wurzeln zeigte; doch waren die Blätter von hellerem Grün und neigten zur Blattdürre. Der elektrische Reiz scheint in ähnlicher Weise wie Lichtmangel auf die Organe zu wirken.

Die im Text erwähnten Versuchsresultate von LÖWENHERZ kann GASSNER (Berichte d. D. Bot. Ges., 1907, Heft 1) bestätigen. Die durch Einwirkung des Stromes entstehende Krümmung, die bei allen Pflanzen zu beobachten war, bleibt nicht immer dieselbe; zuweilen ist sie dem negativen, in andern Fällen dem positiven Pol zugekehrt.

Gegenüber den von Löwenherz früher veröffentlichten und von Gassner bestätigten Kulturversuchen mit Gerste, die einen schädlichen Einfluſs des elektrischen Stromes erkennen lieſsen, berichtet nun der erstgenannte Autor von günstigen Resultaten (Z. f. Pflanzenkrankh., 1908, Heft 1). Bei geringer Stromstärke (Stromdichte) zeigte sich eine Beschleunigung des Keimlingswachstums; die schädliche Wirkung stellte sich erst bei Erhöhung der Stromstärke ein.

Zu Seite 523. In den Mitteilungen der Hatch-Versuchsstation des Massachusetts Agricultural College (cit. Z. f. Pflanzenkrankh., 1908) finden sich Beobachtungen über die Blattdürre bei Coniferen und andern immergrünen Gehölzen als Folge von Winter- und Frühjahrsfrösten. Die Bäume zeigen den Brand meist nur auf einer Seite, die mit der vorherrschenden Windrichtung übereinstimmt. Wenn zu einer Zeit, in welcher der Boden noch gefroren ist, trockne Winde bei hoher Temperatur wehen, kann die gesteigerte Transpiration der Pflanzen in dem gefrorenen Boden keinen genügenden Ersatz finden, und die Blätter vertrocknen. Es ist dies dieselbe Anschauung, welche zur Erklärung der Kiefernschütte schon früher zum Ausdruck gelangte. Die einheimischen Coniferen litten weniger, falls sie nicht etwa auf unzusagendem Boden standen, gegenüber den eingeführten Arten von *Picea, Abies, Juniperus, Taxus, Buxus* usw.

Zu Seite 669. Nach den Untersuchungen von Stoklasa (Über die glykolytischen Enzyme im Pflanzenorganismus [Z. f. physiol. Chemie, Bd. 50 und 51, 1907]) ist die anaërobe Atmung eine alkoholische Gärung, bei der sich neben Alkohol und Kohlendioxyd auch eine gewisse Menge Milchsäure bildet. Dies gilt auch für erfrorene Organe (Rüben, Kartoffeln usw.). Zymase und Lactacidase werden also durch das Erfrieren nicht zerstört. Auch in der lebenden Pflanzen- und Tierzelle werden Milchsäure, Alkohol, Kohlendioxyd, Essig- und Ameisensäure durch Enzyme gebildet. Die Zersetzung der Hexosen durch glykolytische Enzyme vollzieht sich normal ohne die Mitwirkung von Bakterien. In den aus reinen Pflanzensäften durch absoluten Alkohol und Äther gewonnenen Niederschlägen fand Verfasser gärungserregende Enzyme, welche in der Glykoselösung eine Milchsäure- und alkoholische Gärung hervorriefen, bei welchem Prozeſs unter vollem Sauerstoffzutritt sich immer gewisse Mengen von Essig- und Ameisensäure bildeten.

Zu Seite 671. Die Untersuchungen von Fallada (Österr.-Ungar. Zeitschr. f. Zuckerindustrie u. Landw., Heft V, 1907) über die Weiſsblätterigkeit der Rüben sprechen für die Anschauung, daſs die weiſsen Blatteile auf einem jüngeren Entwicklungsstadium stehen bleiben und bei mangelhafterem Zellinhalt den Einfluſs von Licht und Wärme mehr empfinden als die grünen Organe. Die albikaten Blätter besaſsen einen gröſseren Wassergehalt; die geringere Menge organischer Substanz zeigte eine relative Vermehrung des Eiweiſses, namentlich aber der nicht eiweiſsartigen Stickstoffverbindungen. Der Kali- und Phosphorsäuregehalt war gröſser, der Kalk- und Kieselsäuregehalt geringer.

Zu Seite 710. Bei den Erkrankungen des Meerrettichs haben wir auf unsere ausführliche Arbeit in der Zeitschr. f. Pflanzenkr., 1899, S. 192, hingewiesen. Es ist dort gesagt worden: „Mir erscheinen daher die genannten Krankheitsformen nur als hochgradige Steigerungen einer verbreiteten Neigung zu gummoser Degeneration . . . . ., weil bei

der Entstehung der Füllmassen der Gefäfse auch die Schmelzung der sekundären Membranen in gewissen Fällen mitwirkt." Diese Anschauung wird neuerdings von A. SCHLEYER (Der Anbau des Meerrettichs usw., cit. Biedermanns Zentralbl. f. Agrik., Heft 8, 1908) geteilt. Er sagt: „Das Schwarzwerden aber wird nach meiner Ansicht dadurch bedingt, dafs die Pentosane und der Zucker im Meerrettich gummiartig degenerieren." Auch die Ansicht, dafs Kalk als Heilmittel (da oft im Boden Humussäure vorhanden) anzuwenden sei, wurde durch den Versuch bestätigt. Wurden Pflanzen in Nährlösungen kultiviert, die, einmal mit Kalk, das andere Mal ohne diesen angesetzt waren, so liefs sich an der kalklosen Pflanze sehr bald die gummiartige Degeneration „des Zuckers" nachweisen.

Zu Seite 711. Das Gebiet der Beschädigungen durch Rauchgase und andere industrielle Auswurfstoffe beginnt jetzt als gesonderter Wissenszweig sich von der allgemeinen Pathologie abzuzweigen und wird durch ein gesondertes Publikationsorgan vertreten. Seit 1908 existiert eine „Sammlung von Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden", herausgegeben von Prof. Dr. WISLICENUS, der im ersten Heft eine zusammenfassende Darstellung „Über die Grundlagen technischer und gesetzlicher Mafsnahmen gegen Rauchschäden" bereits geliefert hat.

Über die Einwirkung der Schwefligen Säure auf den Boden liegen von HASELHOFF neuere Untersuchungen vor (Z. f. Pflanzenkrankh., 1908). Die Versuche zeigen, dafs die Vegetation nicht geschädigt wird, wenn der Boden solche Mengen zersetzungsfähiger Basen (namentlich Kalk) enthält, dafs die aus der zugeführten Schwefligen Säure gebildete Schwefelsäure gebunden wird. Der von WIELER geschilderte Fall der Bodenverarmung bei Vorhandensein freier Säure im Boden dürfte höchst selten (vielleicht in Waldböden) anzutreffen sein. Wenn dagegen während des Wachstums der Pflanzen Schwefelige Säure in den Boden geleitet wurde, so dafs derselbe eine saure Beschaffenheit zeigte, waren Wachstumsstörungen deutlich bemerkbar. Bei kupferhaltigen Böden wird durch die Schweflige Säure das Kupfer in leicht lösliche Verbindungen übergeführt, und dieses gelöste Kupfer kann dann für die Vegetation schädlich werden. Aber auch hier wird kohlensaurer Kalk helfen, indem er die lösende Einwirkung der Säure aufhebt.

Zu Seite 752. Die von uns zuerst beobachtete Erscheinung einer nachteiligen Wirkung der Bordeauxmischung auf den Ernteertrag wird durch neuere Versuche von v. KIRCHNER (Z. f. Pflkrankh., Heft II, 1908) bestätigt. Der Autor berücksichtigt auch die ältere Literatur. Wahrscheinlich ist die Schattenwirkung der Brühe für die Erntedepression verantwortlich zu machen; dieselbe würde auch das freudigere Ergrünen der Blätter bei starker Sonnenbestrahlung erklären. Der gröfsere Stärkereichtum ist nicht erhöhter Assimilation, sondern verringerter Abfuhr der Assimilate zuzuschreiben.

Zu Seite 756. Über einige Gesichtspunkte bei der Herstellung der Bordeauxbrühe berichtet KELHOFER (Internat. phytopath. Dienst, 1908, Heft 3). Die Wirksamkeit der Brühe ist nicht nur abhängig von der Qualität der verwandten Materialien, sondern auch von den Mengenverhältnissen der beiden Bestandteile und von der Zubereitungsweise.

Was zunächst die Mengenverhältnisse anbetrifft, so ist zu betonen, dafs der Kupferniederschlag seine voluminöse Beschaffenheit um so

schneller verliert und die Gefahr des Abwaschens durch Regen um so gröfser ist, je mehr Kalk zur Herstellung der Brühe verwendet wird. Nach KELHOFERS Versuchen ist es ferner erforderlich, dafs die Kupfervitriollösung und die Kalkmilch in der Kälte, und zwar in möglichst verdünntem Zustande gemischt werden, und dabei mufs die Kupferlösung langsam zur Kalkmilch gegossen werden. Andernfalls nimmt der Niederschlag eine pulverige Form an, die schnell zusammensintert. Obgleich der Zuckerzusatz im Prinzip zu empfehlen ist, mufs man sich doch davor hüten, zu grofse Mengen zu nehmen, da die Abwaschbarkeit der Kupferlösung dadurch gefördert wird. Allerdings ist die zur Haltbarmachung der Mischung nötige Zuckermenge vom Kalkgehalt abhängig, insofern die mit viel Kalk bereiteten Brühen auch mehr Zucker bedürfen. So haben sich beispielsweise bei Verwendung von 1, 2 und 3 kg Kalk auf 2 kg Vitriol pro 100 l Wasser 20 bzw. 30 bzw. 40 gr Zucker als notwendig erwiesen, um den Kupferniederschlag dauernd, d. h. über ein Jahr vor Zersetzung zu schützen. In der Praxis, wo in der Regel reichlich Kalk zur Verwendung kommt, ist anzuraten, durchschnittlich 50 gr Zucker pro Hektoliter zu nehmen. Bei diesem Zusatz kann der ganze Bedarf an Bordeauxbrühe gleich bei Beginn der Saison im Frühjahr angefertigt werden; die Mischung hält sich dann den ganzen Sommer über.

Zu Seite 762. Die Untersuchungen von RUDOLF FRIEDRICH (Über die Stoffwechselvorgänge infolge der Verletzung von Pflanzen. Centralbl. f. Bakteriologie etc., II Bd. XXI, S. 330) haben eine Bestätigung der von ZALESKI und HETTLINGER gemachten Beobachtung ergeben, dafs an der Wundstelle eine Eiweifszunahme stattfindet. Aufserdem aber fand FRIEDRICH, dafs sowohl bei unterirdischen Speicherorganen als auch bei Früchten und Blättern als gemeinsame Folgeerscheinungen der Verletzungen eine Abnahme der Kohlehydrate und eine Zunahme der Acidität (mit Ausnahme der Zwiebel) sich einstellen. Betrachtet man mit AD. MAYER die Säuren als Verbrennungsprodukte der Zuckerarten, so erklärt sich die gesteigerte Acidität durch das lebhaftere Atmungsbedürfnis des verletzten Organs. Die Abnahme der Kohlehydrate wird sich zum Teil in der Weise deuten lassen, dafs dieselben zur Eiweifssynthese verbraucht werden. Als fernere Reaktionen auf den traumatischen Reiz dürfte auch eine entsprechende Abnahme der Amide bzw. der Amidosäuren anzusehen sein, die zum Aufbau des Eiweifsmoleküls Verwendung finden würden. Bei der Kartoffel wurden die kleinsten Stärkekörner verbraucht und Zuckerbildung eingeleitet.

Zu Seite 777. HEDRICK, TAYLOR und WELLINGTON stellten Ringelungsversuche bei Tomaten und Chrysanthemen an. (Arb. der landwirtsch. Versuchsstation zu Geneva [Bull. Nr. 288]). Ein günstiger Einflufs konnte nicht festgestellt werden; es zeigten im Gegenteil die Pflanzen sich offenbar geschädigt. An den Achsen bildeten sich höckerige Auftreibungen, die Blätter kränkelten, und der Wurzelapparat war weniger entwickelt.

Eine Bestätigung unserer eignen Studien über die Vorgänge bei der Ringelung finden wir bei KRIEG (Beiträge zur Kallus- und Wundholz-Bildung geringelter Zweige und deren histologische Veränderungen. Würzburg 1908, Nubers Verl.). Neu sind die Beobachtungen bei *Vitis*, wo infolge des Ringelns Neubildungen im Markkörper nachgewiesen wurden, ohne dafs das Mark überhaupt verletzt worden wäre. Dieser

Umstand ist dadurch wichtig, weil er zeigt, dafs der Wundreiz oder die bei jeder Verwundung sich einstellenden Änderungen in der Gewebespannung sich in Regionen geltend machen, die von der Wundfläche weit entfernt und durch feste Holzzonen von derselben getrennt sind. Man versteht nunmehr auch besser die Veränderungen im Markkörper bei solchen Frostbeschädigungen, bei denen der Holzring keinerlei Störungen erkennen läfst.

Die von Krieg beobachtete Wundholzbildung im Mark von *Vitis*, die der Verfasser der Einwirkung von Zersetzungsprodukten des bei der Ringelung abgestorbenen Holzteils zuschreibt, bestand aus markfleckenähnlichen, parenchymatischen Nestern. Diese waren von einem ringförmigen Cambium umschlossen. Der innerhalb der Markscheibe liegende Ring entwickelte nach innen Holz mit zahlreichen Gefäfsen, nach aufsen den Siebteil. Der andere, der Markkrone benachbarte Markfleck bildete aus seinem Cambiumringe nach innen den Siebteil und nach aufsen Holz. Die entsprechenden Gewebe der beiden Neubildungen vereinigten sich später mit den gleichnamigen Partien des Überwallungsrandes. Die Pflanze hatte mithin den beim Ringeln abgestorbenen Holzkörper durch Anlage neuen Holz- und Siebgewebes im Mark ersetzt.

Zu Seite 814. Vielseitige und sorgfältige Versuche verdanken wir Elsie Kupfer (Studies in plant regeneration. Dissert. d. Columbia Universität New York, 1907). Wir heben daraus zunächst die Versuche mit Wurzelstecklingen von *Roripa Armoracia* hervor. In den Boden eingelegte Wurzelstücke bildeten neue Triebe aus dem Cambium der oberen und unteren Schnittfläche. Wurden Rinde und Cambium fortgeschnitten, so entwickelten sich nach vorangegangener Callusbildung Sprosse an verschiedenen Stellen in der Nähe der Gefäfsbündel, und zwar häufiger am oberen wie am unteren Ende. Die Fähigkeit zur Sprofsbildung, die sonst dem Cambium eigen ist, geht also in diesem Falle auf das, als Reaktion auf den Wundreiz neu entstandene Callusgewebe über. — Längsschnitte von Wurzeln der *Pastinaca sativa*, die horizontal in Sand eingelegt wurden, entwickelten an beiden Schnittflächen nahe dem Cambium neue Sprosse. Bei isolierten Rindenstückchen entstanden an der Innenseite Sprosse, an der Aufsenseite neue Wurzeln. Der isolierte Zentralzylinder bildete nur Wurzeln.

Sehr instruktiv sind die Versuche mit Kartoffeln. Wenn von oberirdischen Trieben eine beliebige Knospe unverletzt gelassen wurde, entwickelte sich diese zu einer oberirdischen Knolle; wurden alle Knospen entfernt, fand nur Wurzelbildung statt. Stückchen von Kartoffelknollen, an denen die Augen nebst dem anstofsenden Knollenparenchym herausgeschnitten waren, bildeten an diesen Schnittflächen neue Augen. Bei Kartoffelblättern zeigte sich am unteren Ende des Blattstiels entweder einfache Wurzelbildung oder eine knollige, stärkehaltige Anschwellung oder beides vereint oder sogar eine regelrechte kleine Knolle mit Augen.

Als Gesamtresultat der zahlreichen Versuche, zu denen auch Blüten- und Fruchtstiele mit Erfolg herangezogen wurden, kann man erkennen, dafs für die Regeneration zunächst das Vorhandensein reichen Reservematerials notwendig ist. Rein weifse Sprosse verschiedener Pflanzen bildeten keine Wurzeln. Verdunkelung oder Entzug der Kohlensäure verhinderten die Regeneration. Da gewisse Pflanzenteile nicht fähig sind, ein oder das andere Organ zu regenerieren, auch wenn alle

Bedingungen günstig sind, wird man zu der Ansicht geführt, daſs bestimmte Substanzen vorhanden sein müssen, welche die Bildung eines bestimmten Organs bedingen. Solche Substanzen sind in der Gestalt von Enzymen zu denken, die nicht in allen Zellen vorhanden, sondern an bestimmten Stellen des Pflanzenleibes lokalisiert sind.

Zu Seite 823. Betreffs der Callusbildung, die sich zwischen Rindenschildchen und Unterlage befindet, äuſsert sich Ohmann in einer ausführlichen Arbeit (Über die Art und das Zustandekommen der Verwachsung zweier Pfropfsymbionten. Centralbl. f. Bakteriol. usw., II. Bd., XXI, 1908): „Es scheint also, daſs die Callusbildung nur vom Rindenschildchen aus erfolgen darf. Sorauer gibt über diese Frage an, eine Gesetzmäſsigkeit im Abreiſsen der Rinde lasse sich nicht feststellen. Nach Schmitthenner zerreiſst der Stamm im jüngsten Splint. Ich habe nun eine groſse Anzahl von Pflanzen aus den verschiedensten Familien auf diese Frage hin untersucht. Es ergab sich, daſs das Cambium vollständig auf der Rinde verbleibt. In ganz vereinzelten Fällen bemerkte ich, daſs wenige Cambiumzellen am jüngsten Holzkörper hängen geblieben waren. Jedoch habe ich dies so selten beobachtet, daſs ich diesem Befunde keine Bedeutung beilege.“ Hierzu wäre zu bemerken, daſs der Verf. zu einer Zeit okuliert hat „wo die Cambiumtätigkeit in vollem Gange ist“. Für diesen Fall hat der Autor Recht; wird aber zu einer späteren Zeit okuliert, dann mehren sich die von Sorauer beobachteten Fälle.

Zu Seite 844. Blankinship beschreibt (Zeitschr. f. Pflanzenkh., Heft I, 1908) eine in Montana (N. A.) häufig an *Populus angustifolia*, *balsamifera*, *deltoides* u. a. auftretende Blutungskrankheit. Die Bäume zeigen ein übermäſsiges Bluten aus Wunden, begleitet von einem Verbleichen bzw. Vergilben des Laubes. Zuweilen bilden sich die Wunden an einzelnen Ästen zu Höhlungen aus, die mit einer gummösen, halbflüssigen Masse ausgefüllt sind. Der ausflieſsende, mit Bakterien beladene Saft hat einen süſslichen Geschmack und wird häufig von groſsen braunen Ameisen aufgesucht.

In Verbindung mit dieser Blutungskrankheit steht eine „Gelbsucht“ der Pappeln, bei der Bluten eintreten kann, aber auch häufiger ausbleibt. Das Laub des ganzen Baumes wird hierbei gebleicht und trocknet in den Intercostalfeldern aus; nach 3—5 Jahren erfolgt der Tod. Die erkrankenden Bäume stehen gewöhnlich an tiefen Stellen, und der Autor ist der Ansicht, daſs die Steigerung des Alkaligehaltes im Grundwasser die Schuld trage. Man findet das Übel in Montana nicht bloſs an Pappeln, sondern auch an andern Bäumen dort, wo Berieselung angewendet wird. Dränage ist zu empfehlen.

Zu Seite 845. Über eine Förderung der Blütenentwicklung durch Entfernung eines Teils der Wurzeln berichtet Minora Shiga (On the effect of a partial removal of roots and leaves upon the development of flowers. Journ. College of Science, Tokyo, 1907, vol. XXIII art. 4). Von den verschiedenen Versuchspflanzen reagierten die einzelnen Arten verschieden auf die gleichen Eingriffe. Bei *Pharbitis*, *Pisum arvense* und *Vicia Faba* veranlaſste die Wegnahme der Hauptwurzel und einiger Nebenwurzeln eine ungewöhnlich frühe und üppige Entwicklung der Blüten, bei *Fagopyrum* war dies nicht der Fall. Abschneiden aller Seitenwurzeln beförderte bei *Vicia Faba* und *Pisum sativum var. arvense* die Blütenbildung, bei *Pisum arvense* aber nicht.

Register[1]).

[1]) Von den zahlreichen Pflanzennamen sind nur diejenigen in das Register aufgenommen worden, denen eingehende Mitteilungen beigegeben worden sind. Alle gelegentlich als Beispiele für gewisse Erkrankungsfälle angeführten Pflanzen hätten das Register nutzlos beschwert.







